



**TUGAS AKHIR - TK 145501**

**PEMBUATAN BIODIESEL DARI BIJI NYAMPLUNG  
(*Callophylum inophyllum*) DENGAN PROSES  
LIQUID-LIQUID EXTRACTION DAN  
TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN KATALIS  
TEMPURUNG SOTONG**

**LATIFAH FAHRUS SANY**  
**NRP. 2312 030 015**

**RIZQA FAUZIYAH**  
**NRP. 2312 030 097**

**Dosen Pembimbing**  
**Saidah Altway, ST., MT., M.Sc.**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - TK 145501

**BIODIESEL PRODUCTION FROM NYAMPLUNG  
SEED (*CALLOPHYLUM INOPHYLLUM*) USING  
*LIQUID-LIQUID* EXTRACTION AND  
TRANSESTERIFICATION PROCESS WITH  
CUTTLEFISH SHELL'S CATALYST**

LATIFAH FAHRUS SANY  
NRP. 2312 030 015

RIZQA FAUZIYAH  
NRP. 2312 030 097

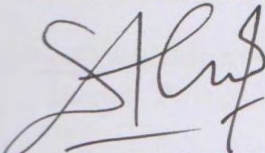
Lecturer  
Saidah Altway, ST., MT., M.Sc.

DEPARTMENT DIPLOMA OF CHEMICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL:**  
**PEMBUATAN BIODIESEL DARI BIJI**  
**NYAMPLUNG (*Callophylum inophyllum*)**  
**DENGAN PROSES LIQUID-LIQUID**  
**EXTRACTION DAN**  
**TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN**  
**KATALIS TEMPURUNG SOTONG**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing



Saidah Altway, S.T., M.T., M.Sc.

NIP. 19880818 201212 2 002

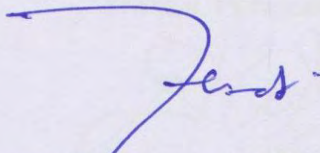
Mengetahui,

Ketua Program Studi  
DIII Teknik Kimia FTI-ITS



Ir. Budi Setiawan, M.T.  
NIP. 19540220 198701 1 001

Koordinator Tugas Akhir  
DIII Teknik Kimia FTI-ITS



Achmad Ferdiansyah P. P., S.T., M.T.  
NIP. 2300201308002


## LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN TUGAS AKHIR

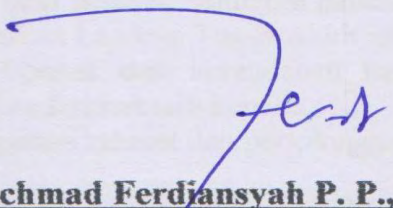
Telah diperiksa dan disetujui sesuai hasil ujian tugas akhir pada tanggal 16 Juni 2015, dengan judul  
**"Pembuatan Biodiesel dari Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) dengan Proses Liquid-Liquid Extraction dan Transesterifikasi Menggunakan Katalis Tempurung Sotong"**, yang disusun oleh :

Latifah Fahrus Sany  
Rinqa Fauziyah

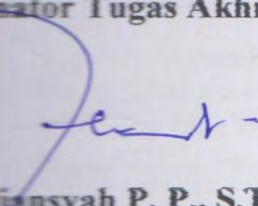
(2312 030 015)  
(2312 030 097)

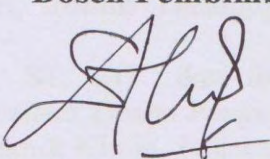
Mengetahui/menyetujui  
Dosen Penguji

  
Linda Eka Triastuti, S.Si., M.T.  
NIP. 19830308 201012 2 007

  
Achmad Ferdiansyah P. P., S.T., M.T.  
NIP. 2300201308002

Mengetahui,

  
Achmad Ferdiansyah P. P., S.T., M.T.  
NIP. 2300201308002

**Dosen Pembimbing**  
  
Saidah Altway, S.T., M.T., M.Sc.  
NIP. 19880818 201212 2 002

## **Pembuatan Biodiesel dari Biji Nyamplung (*Callophylum Inophyllum*) dengan Proses *Liquid-Liquid Extraction* Dan Transesterifikasi Menggunakan Katalis Tempurung Sotong**

Nama Mahasiswa : Latifah Fahrus Sany (2312 030 015)  
Nama Mahasiswa : Rizqa Fauziyah (2312 030 097)  
Program Studi : DIII Teknik Kimia FTI-ITS  
Dosen Pembimbing : Saidah Altway, ST. MT. M.Sc

### **ABSTRAK**

*Minyak dari biji nyamplung merupakan sumber daya energi terbarukan yang cukup potensial untuk dijadikan bahan bakar alternatif yaitu biodiesel. Nyamplung merupakan tanaman yang mudah dibudidayakan, kandungan minyak pada biji nyamplung mencapai 40-73%. Pada umumnya biodiesel dibuat dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi. Namun pada proses esterifikasi membutuhkan waktu yang cukup lama dan membutuhkan katalis asam. Proses tersebut dapat digantikan dengan proses liquid-liquid extraction. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan biji nyamplung sebagai bahan pembuatan biodiesel dengan proses liquid-liquid extraction dan transesterifikasi menggunakan katalis tempurung sotong. Tahap pelaksanaan penelitian ini adalah dimulai dengan tahap pengeringan dan pengepresan biji nyamplung, kemudian melakukan tahap degumming dan dilanjutkan dengan proses liquid-liquid extraction. Kemudian menyiapkan katalis CaO dari tempurung sotong untuk digunakan pada proses transesterifikasi. Setelah biodiesel terbentuk maka melakukan tahap analisa. Pada penelitian ini, hasil biodiesel yang paling optimum adalah biodiesel dengan penambahan katalis sebesar 5% dengan yield transesterifikasi sebesar 67,05 %, nilai densitas pada suhu 40°C sebesar 880 kg/m<sup>3</sup>, nilai viskositas kinematik sebesar 3,97 mm<sup>2</sup>/s, nilai flash point sebesar 130°C, nilai cloud point sebesar 13°C, nilai angka asam sebesar 0,68 mg KOH/g, nilai angka setana 47,9 dan kadar metil ester 69,2 %.*

**Kata kunci:** *Biji Nyamplung, Biodiesel, Liquid-liquid Extraction, Transesterifikasi, Tempurung sotong*

**Biodiesel Production From Nyamplung Seed (*Callophyllum Inophyllum*) Using Liquid-Liquid Extraction and Transesterification Process with Cuttlefish Shell's Catalyst**

Students : Latifah Fahrus Sany (2312 030 015)  
: Rizqa Fauziyah (2312 030 097)  
Department : Diploma of Chemical Engineering FTI-ITS  
Lecturer : Saidah Altway, ST. MT. M.Sc

**ABSTRACT**

*Nyamplung seed Oil is a potential source of renewable energy as alternative fuel of biodiesel. Nyamplung is a easily cultivated plant, with the oil content up to 40-73%. In general, biodiesel is manufactured from esterification-transesterification processes. Yet, esterification process requires longer reaction time and acid catalyst. The process can be replaced by liquid-liquid extraction. The aim of this study is to utilize nyamplung seed as raw material of biodiesel production using liquid-liquid extraction and transesterification with cuttlefish shell as catalyst. The study is conducted by drying and pressing the nyamplung seed, then degumming the oil produced from prior step, and continuing the process to liquid-liquid extraction. Then preparing the CaO catalyst from cuttlefish shell to be used in transesterification process. Eventually the biodiesel produced is tested its properties. In this study, the optimum result is biodiesel using 5% catalyst addition with 67,05 % transesterification yield, density of temperature 40°C is 880 kg/m<sup>3</sup>, kinematic viscosity is 3,97 mm<sup>2</sup>/s, flash point is 130°C, cloud point is 13°C, acid value is 0,68 mg KOH/g, cetane number is 47,9, and methyl ester content is 69,2%.*

**Keywords:** *Nyamplung seed, Biodiesel, Liquid-liquid Extraction, Transesterification, Cuttlefish shell*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang menguasai alam semesta ini, sholawat serta salam kebaikan tak lupa selalu kami haturkan kepada junjungan kami Rosululloh Muhammad SAW. Tiada pertolongan kecuali atas limpahan rahmat dan nikmat Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul **“Pembuatan Biodiesel dari Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) dengan Proses *Liquid-liquid extraction* dan Transesterifikasi Menggunakan Katalis Tempurung Sotong”**. Tugas Akhir disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada Program Studi Diploma III Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapat saran, dorongan, bimbingan serta keterangan-keterangan dari berbagai pihak yang merupakan pengalaman yang tidak dapat diukur secara materi, namun dapat membukakan mata penulis bahwa sesungguhnya pengalaman dan pengetahuan tersebut adalah guru yang terbaik bagi penulis, sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu dengan segala hormat dan kerendahan hati perkenankanlah penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan pertolongan-NYA
2. Orang tua dan keluarga yang senantiasa mencurahkan dukungan dan doanya dalam setiap langkah kami sertajasa-jasa lain yang terlalu sulit untuk diungkapkan.
3. Ibu Saidah Altway, ST. MT. M.Sc selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Bapak Achmad Ferdiansyah P.P, S T, MT. dan ibu Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas

Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

5. Bapak Ir. Budi Setiawan, MT. selaku Ketua Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Bapak Achmad Ferdiansyah P.P, ST, MT selaku Koordinator Pelaksanaan Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
7. Ibu Ir. Elly Agustiani, M.Eng dan Ibu Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT. selaku Dosen Wali
8. Segenap Dosen, staf dan karyawan Program Studi D3 Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
9. Seluruh teman-teman Carbon'12 DIII Teknik Kimia yang telah memberikan motivasi dan semangat.
10. Dan semua pihak yang telah membantu penyusun hingga terselesainya laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan yang dibuat baik sengaja maupun tidak sengaja, dikarenakan keterbatasan ilmu pengetahuan dan wawasan serta pengalaman yang penulis miliki. Untuk itu penulis memohon maaf atas segala kekurangan tersebut, serta penulis mengharapkan saran dan kritik untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata semoga dapat bermanfaat bagi penulis sendiri, pembaca dan masyarakat luas. Amin.

Surabaya, Juni 2015

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GRAFIK .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1. Latar Belakang .....	I-1
I.2. Perumusan Masalah .....	I-4
I.3. Batasan Masalah .....	I-4
I.4. Tujuan Inovasi Produk .....	I-5
I.5. Manfaat Inovasi Produk .....	I-6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1. Biodiesel .....	II-1
II.2. Nyamplung .....	II-4
II.3. Minyak Biji Nyamplung .....	II-9
II.4. Pengolahan Minyak Nyamplung .....	II-11
II.5. <i>Soxhlet Extraction</i> .....	II-11
II.6. Esterifikasi .....	II-12
II.7. <i>Liquid-liquid Extraction</i> .....	II-12
II.8. Transesterifikasi .....	II-15
II.9. Katalis .....	II-15
II.10. Tempurung Sotong .....	II-16
II.11. Petroleum Ether .....	II-17
II.12. Methanol .....	II-18
<b>BAB III METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK</b>	
III.1. Tahap Pelaksanaan .....	III-1
III.2. Bahan yang Digunakan .....	III-1
III.3. Peralatan yang Digunakan .....	III-1
III.4. Variabel yang Dipilih .....	III-2
III.5. Prosedur Pembuatan .....	III-2
III.6. Diagram Blok Pembuatan Biodiesel .....	III-7

III.7. Gambar Percobaan .....	III-9
III.8. Sketsa Alat .....	III-16
III.9. Visualisasi Sketsa Alat.....	III-17
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
IV.1. Hasil Penelitian dan Pembahasan .....	IV-1
<b>BAB V NERACA MASSA DAN NERACA PANAS</b>	
V.1. Neraca Massa .....	V-1
V.2. Neraca Panas .....	V-16
<b>BAB VI ANALISIS KEUANGAN</b>	
VI.1. Investasi Alat ( <i>Fixed Cost</i> ) .....	VI-1
VI.2. <i>Variable Cost</i> .....	VI-2
VI.3. Harga Pokok Produksi .....	VI-2
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
VII.1. Kesimpulan.....	VII-1
VII.2. Saran .....	VII-1
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xi
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	xii
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>1. APPENDIKS A</b>	
<b>2. APPENDIKS B</b>	
<b>3. APPENDIKS C</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Syarat Mutu Biodiesel menurut SNI 04-7182-2006 .....	II-3
<b>Tabel 2.2</b>	Tumbuhan Indonesia Penghasil Minyak Lemak.....	II-4
<b>Tabel 2.3</b>	Karakteristik Tanaman Nyamplung.....	II-6
<b>Tabel 2.4</b>	Potensi Tegakan Alami Nyamplung di Indonesia .....	II-7
<b>Tabel 2.5</b>	Sifat Fisika-Kimia Minyak Nyamplung dari Balitbang Kehutanan.....	II-10
<b>Tabel 2.6</b>	Komposisi Asam Lemak Minyak Nyamplung .....	II-10
<b>Tabel 2.7</b>	<i>Solvent Polarity Index</i> .....	II-14
<b>Tabel 4.1</b>	Sifat Fisika Kimia Minyak Nyamplung.....	IV-1
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil Analisa FFA pada Lapisan Atas (PE+TGA) dan Lapisan Bawah (MET+FFA) Variabel <i>Solvent</i> 3:1 dan 4:1 dan Variabel <i>Solvent</i> -Minyak 4:1; 5:1 dan 6:1 .....	IV-2
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil <i>Yield</i> Biodiesel.....	IV-5
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil Analisa Biodiesel.....	IV-6
<b>Tabel 5.1</b>	Neraca Massa Pengeringan Biji Nyamplung .....	V-1
<b>Tabel 5.2</b>	Neraca Massa Pengeringan.....	V-2
<b>Tabel 5.3</b>	Komposisi FFA minyak nyamplung.....	V-2
<b>Tabel 5.4</b>	Hasil analisa komposisi minyak nyamplung sebelum dan setelah <i>degumming</i> .....	V-3
<b>Tabel 5.5</b>	Perhitungan Massa Minyak Nyamplung.....	V-3
<b>Tabel 5.6</b>	Neraca Massa Proses <i>Degumming</i> .....	V-3
<b>Tabel 5.7</b>	Neraca Massa <i>Centrifuge</i> .....	V-5
<b>Tabel 5.8</b>	Neraca massa <i>liquid-liquid extraction</i> .....	V-7
<b>Tabel 5.9</b>	Neraca Massa Penguapan .....	V-9
<b>Tabel 5.10</b>	Neraca Massa Furnace .....	V-11
<b>Tabel 5.11</b>	Neraca Massa Transesterifikasi .....	V-12
<b>Tabel 5.12</b>	Neraca Massa Pencucian .....	V-13
<b>Tabel 5.13</b>	Perhitungan Entalphy Pembentukan ( $\Delta H_f$ ) Gum Fosfat .....	V-16
<b>Tabel 5.14</b>	Perhitungan Entalphy Reaktan ( $\Delta H_R$ ) ( $T_{ref}=25^\circ C$ ).....	V-17
<b>Tabel 5.15</b>	Perhitungan Entalphy Produk ( $\Delta H_P$ ) ( $T_{ref}=25^\circ C$ ).....	V-17
<b>Tabel 5.16</b>	Perhitungan Panas Tiap Komponen.....	V-17

<b>Tabel 5.17</b>	Perhitungan Neraca Panas <i>Degumming</i> .....	V-19
<b>Tabel 5.18</b>	Kapasitas Panas (Himmelblau,1989) dengan $T_{ref} 25^{\circ}C$ .....	V-20
<b>Tabel 5.19</b>	Perhitungan Entalphy Reaksi Pembentukan (Hougen).....	V-20
<b>Tabel 5.20</b>	Perhitungan Entalphy bahan Masuk .....	V-20
<b>Tabel 5.21</b>	Perhitungan Entalpi bahan Keluar .....	V-20
<b>Tabel 5.22</b>	Perhitungan Neraca Panas .....	V-21
<b>Tabel 5.23</b>	$C_p$ tiap komponen pada FFA dan TGA ( <i>Coulson,2005</i> ) .....	V-22
<b>Tabel 5.24</b>	Enthalpi bahan masuk.....	V-22
<b>Tabel 5.25</b>	Enthalpi Bahan yang Keluar Aliran 6 ( $T=50^{\circ}C$ ; $T_{ref}=25^{\circ}C$ ; $\Delta T=25^{\circ}C$ ) .....	V-23
<b>Tabel 5.26</b>	Enthalpi Bahan yang Keluar Aliran 7 ( $T=50^{\circ}C$ ; $T_{ref}=25^{\circ}C$ ; $\Delta T=25^{\circ}C$ ) .....	V-24
<b>Tabel 5.27</b>	Neraca Panas Pengovenan .....	V-25
<b>Tabel 5.28</b>	Neraca Panas Pencucian .....	V-30
<b>Tabel 5.29</b>	Entalphy bahan masuk $T_{masuk} 60^{\circ}C$ dan $T_{ref} 25^{\circ}C$ .....	V-31
<b>Tabel 5.30</b>	Entalphy bahan keluar .....	V-33
<b>Tabel 5.31</b>	Neraca Panas Transesterifikasi .....	V-34
<b>Tabel 6.1</b>	Biaya <i>Fixed Cost</i> Selama 1 Tahun.....	VI-1
<b>Tabel 6.2</b>	<i>Variable Cost</i> .....	VI-2

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
Cp	Heat capacity	J/gmol
Massa	Berat	Gram
T	Suhu	°C
Tref	Suhu refren	°C
$\Delta H$	Enthalpy	Cal
Q	Kalor	Cal
BM	Berat molekul	-
V	Volume	mL
$\rho$	Densitas	Gram/cm <sup>3</sup>
$\mu$	Viskositas	Cp

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Reaksi Transesterifikasi .....	II-2
<b>Gambar 2.2</b>	Nyamplung.....	II-5
<b>Gambar 2.3</b>	Pohon Nyamplung dan Batang Nyamplung.....	II-8
<b>Gambar 2.4</b>	Daun, Bunga dan Biji Nyamplung .....	II-9
<b>Gambar 2.5</b>	Minyak Nyamplung .....	II-11
<b>Gambar 2.6</b>	Ikan Sotong ( <i>Cuttlefish</i> ).....	II-17
<b>Gambar 2.7</b>	Tempurung Ikan Sotong ( <i>Cuttlefish</i> ) .....	II-17
<b>Gambar 3.1</b>	Sketsa Alat .....	III-16
<b>Gambar 3.2</b>	Alat <i>Liquid-liquid extraction</i> .....	III-17

## RIWAYAT PENULIS



Rizqa Fauziyah, penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 17 September 1994 yang merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Nusa Indah pada tahun 2000, lulus dari SD Negeri Rungkut Kidul I/267 pada tahun 2006, lulus dari SMP Negeri 17 Surabaya pada tahun 2009 dan lulus dari SMA Negeri 14 Surabaya pada tahun 2012. Setelah

lulus SMA, penulis diterima di Program Studi Diploma III Teknik Kimia FTI-ITS dengan Nomor Registrasi 2312 030 097. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Bidang Akademik dan Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia FTI-ITS (2013-2014), Staff Departemen Dalam Negeri BEM FTI-ITS (2013-2014) dan Sekretaris Bidang Akademik dan Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia FTI-ITS (2014-2015), serta beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PG. Ngadirejo, Kediri.

Email : rizqa.fauziyah@yahoo.co.id

## RIWAYAT PENULIS



Latifah Fahrus Sany, penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 10 Agustus 1993 yang merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Aisyah pada tahun 2000, lulus dari SDN Babatan I/456 pada tahun 2006, lulus dari SMP Negeri 1 Surabaya pada tahun 2009 dan lulus dari SMA Negeri 14 Surabaya pada tahun 2012. Setelah lulus SMA penulis diterima di Program Studi Diploma III Teknik Kimia FTI-ITS dengan Nomor Registrasi 2312 030 015. Selama kuliah penulis berorganisasi sebagai Staff Bidang Akademik dan Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia FTI – ITS (2013-2014), sebagai staff Departemen Ukhuwah Islamiyah LDJ Fuki Al-Ikrom DIII Teknik Kimia FTI-ITS dan mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PG. Ngadirejo, Kediri.

Email: ifafalatif@gmail.com



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Saat ini kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia untuk berbagai sektor cukup besar. Secara nasional, konsumsi BBM masih didominasi oleh BBM berbasis fosil, yaitu solar dan premium. Ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap BBM fosil cenderung semakin meningkat. Untuk mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi konvensional bahan bakar fosil (minyak bumi, batu bara dan gas alam) sebagai sumber energi yang tidak terbarukan dengan segala permasalahan, maka banyak orang melakukan percobaan untuk membuat biodiesel yang terbuat dari minyak nabati (*Tim Nasional Pengembangan BBN, 2007*).

Minyak nabati yang dapat dijadikan sebagai bahan pembuat biodiesel diantaranya adalah kelapa sawit, biji jarak, biji karet. Sedangkan percobaan tentang pembuatan biodiesel dari minyak biji nyamplung belum banyak dilakukan. Penyebaran biji nyamplung di Indonesia banyak terdapat pada daerah-daerah pesisir pantai (*Departemen Kehutanan, 2008*). Minyak biji nyamplung merupakan sumber daya energi terbarukan yang cukup potensial sebagai bahan dasar biodiesel. Kandungan minyak dari biji nyamplung tergolong tinggi yaitu sebesar 40-73 % (*Soerawidjaja, 2006*).

Biodiesel umumnya diproduksi dari *refined vegetable oil* (minyak murni) melalui proses transesterifikasi. Pada dasarnya proses ini bertujuan untuk mengubah trigliserida menjadi asam lemak metil ester (FAME). Kandungan asam lemak bebas (FFA) bahan baku merupakan salah satu faktor penentu jenis proses pembuatan biodiesel. Metode transesterifikasi pada dasarnya terdiri atas 4 tahapan yaitu pencampuran katalis dengan metanol, pencampuran katalis dan metanol dengan minyak, pemisahan antara metil ester dan gliserol serta pemisahan zat-zat pengotor (*Erliza Hambali, 2007*).



Pengambilan minyak nabati dari tumbuh – tumbuhan salah satunya dapat dilakukan dengan cara ekstraksi. Ekstraksi adalah suatu metode pemisahan komponen pada suatu campuran berdasarkan kemampuan kelarutan satu atau beberapa komponen tersebut pada fase yang lain. Fase lain yang ditambahkan biasanya berupa zat cair sedangkan campuran yang akan dipisahkan dapat berupa zat cair atau zat padat. *Liquid-liquid extraction* memisahkan komponen dari campuran liquid yang homogen berdasarkan perbedaan kelarutannya pada solven. Karena proses pemisahan jenis ini dipengaruhi oleh potensial kimianya, maka proses pemisahan dengan cara ekstraksi ini lebih baik daripada destilasi (Sankey B. M, 1967). Pertimbangan pemakaian proses ekstraksi sebagai proses pemisahan antara lain komponen larutan sensitif terhadap pemanasan jika digunakan distilasi meskipun pada kondisi vakum, titik didih komponen-komponen dalam campuran berdekatan, kemudahan menguap (*volatility*) komponen-komponen hampir sama. Untuk mencapai proses ekstraksi cair-cair yang baik, pelarut yang digunakan harus memenuhi kriteria sebagai berikut kemampuan tinggi melarutkan komponen zat terlarut di dalam campuran, kemampuan tinggi untuk diambil kembali, perbedaan berat jenis antara ekstrak dan rafinat lebih besar, pelarut dan larutan yang akan diekstraksi harus tidak mudah campur, tidak mudah bereaksi dengan zat yang akan diekstraksi, tidak merusak alat secara korosi, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan harganya relatif murah (Martunus & Helwani, 2005).

Pada penelitian-penelitian sebelumnya proses pembuatan biodiesel menggunakan reaksi esterifikasi untuk pemisahan FFA dan TGA (Fitri, 2011; Annas, 2014; Siti, 2014). Namun reaksi esterifikasi membutuhkan waktu yang cukup lama dan juga perlu adanya asam kuat sebagai katalis (UGM, 2013). Proses pemisahan TGA dn F FA tersebut dapat digantikan dengan *liquid-liquid extraction* dimana dalam proses *liquid-liquid extraction* menggunakan pelarut nonpolar dan polar seperti petroleum eter atau n-hexane dan methanol. Petroleum Eter digunakan sebagai



---

### *BAB I Pendahuluan*

---

pelarut karena mempunyai tingkat kepolaran yang relatif sama dengan minyak yang akan diekstrak yaitu sama-sama merupakan senyawa nonpolar (Anisya, 2009). Dalam proses *liquid-liquid extraction* pelarut (*solvent*) akan mempengaruhi jumlah rendemen yang dihasilkan dari proses ekstraksi. Besarnya rendemen yang dihasilkan tergantung pada daya ekstrak pelarut (I Wayan, 2011). Pemilihan *solvent* dapat ditentukan dengan *polarity index*. Methanol yang merupakan senyawa polar memiliki *polarity index* 5,1 sedangkan Petroleum eter yang merupakan senyawa nonpolar memiliki *polarity index* 0,1 (Jackson, 2014).

Teknologi pembuatan biodiesel bisa menggunakan katalis cair dan padat (homogen dan heterogen). Kebanyakan proses tersebut menggunakan katalis cair, dengan kendala yaitu pada pemisahan gliserol sebagai hasil samping karena mudah larut dalam air yang terkandung dalam katalis. Penggunaan katalis padat (heterogen) lebih memudahkan pemisahan gliserol dan katalis, sehingga menghasilkan gliserol lebih murni dibanding proses katalis cair. Gliserol mempunyai nilai ekonomis tinggi maka proses penggunaan katalis padat akan lebih menguntungkan (Kouzu et al., 2008; Marchetti et al., 2008). Dalam reaksi transesterifikasi, dibutuhkan katalis untuk meningkatkan laju reaksi dan jumlah alkil ester yang dihasilkan. Katalis yang digunakan untuk proses transesterifikasi adalah katalis heterogen karena dapat dengan mudah dipisahkan dari produk, serta limbah yang dihasilkan lebih sedikit (Helwani, 2009). Pada penelitian-penelitian terdahulu digunakan berbagai macam limbah sebagai katalis heterogen dalam pembuatan biodiesel (kapur tohor oleh Tjukup (2011), cangkang kerang oleh Ilyas (2013), cangkang kulit telur ayam dan abu layang batu bara oleh Ekky (2013)). Pada percobaan pembuatan biodiesel disini memanfaatkan tempurung sotong sebagai alternatif katalis heterogen. *Cuttlefish* atau Sotong atau ikan nus adalah binatang yang hidup di perairan, khususnya sungai maupun laut atau danau. Hewan ini dapat ditemukan di hampir semua perairan yang berukuran besar baik air tawar, air payau, maupun air asin pada kedalaman bervariasi,



dari dekat permukaan hingga beberapa ribu meter di bawah permukaan (Kurniawan, 2012). Tempurung sotong mengandung beberapa mineral seperti kalsium karbonat, sodium klorida, kalsium fosfat, dan garam magnesium (Aries, 2012).

Oleh sebab itu, dari penjelasan diatas dilakukan penelitian pembuatan biodiesel dari biji nyamplung (*Callophylum inophyllum*) dengan proses *liquid-liquid extraction* dan transesterifikasi menggunakan katalis tempurung sotong.

## I.2 Perumusan Masalah

Beberapa perumusan masalah yang akan coba diselesaikan dalam percobaan Pembuatan Biodiesel dari Biji Nyamplung (*Callophylum Inophyllum*) dengan Proses *Liquid-Liquid Extraction* dan Transesterifikasi menggunakan Katalis Tempurung Sotong adalah :

1. Bagaimana pengaruh perbandingan *solvent* non polar petroleum eter dan *solvent* polar methanol serta perbandingan *solvent* dengan minyak nyamplung pada proses *liquid-liquid extraction* ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan katalis tempurung sotong pada *yield* yang dihasilkan dalam proses transesterifikasi terhadap kualitas biodiesel dari biji nyamplung (*Callophylum Inophyllum*) ?
3. Bagaimana kualitas Biodiesel yang dihasilkan dari biji nyamplung (*Callophylum Inophyllum*) dengan memanfaatkan tempurung sotong sebagai katalis menggunakan proses *liquid-liquid extraction* dan proses transesterifikasi dibandingkan dengan Standart Nasional Indonesia?

## I.3 Batasan Masalah

Dalam percobaan ini, batasan masalah yang akan dipakai adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan dalam pembuatan biodisel ini adalah biji nyamplung (*Callophylum Inophyllum*)



2. Katalis yang digunakan dalam percobaan biodiesel adalah tempurung sotong pada proses Transesterifikasi.
3. Metode yang digunakan untuk mendapatkan biodiesel (*methyl ester*) adalah proses *liquid-liquid extraction* dan proses transesterifikasi.
4. Pelarut organik (*solvent*) yang digunakan pada proses *liquid-liquid extraction* yaitu Petroleum eter (*solvent polar*) dan Methanol (*solvent nonpolar*).

#### **I.4 Tujuan Inovasi Produk**

Adapun tujuan inovasi produk ini sebagai berikut :

1. Memanfaatkan biji nyamplung (*Callophylum Inophyllum*) sebagai bahan pembuatan biodiesel dengan proses *liquid-liquid extraction* dan transesterifikasi menggunakan katalis tempurung sotong.
2. Mengetahui pengaruh perbandingan *solvent* non polar petroleum eter dan *solvent* polar methanol serta perbandingan *solvent* dengan minyak nyamplung pada proses *liquid-liquid extraction*.
3. Mengetahui pengaruh penambahan katalis tempurung sotong pada *yield* yang dihasilkan dalam proses transesterifikasi terhadap kualitas biodiesel.
4. Mengetahui kualitas Biodiesel yang dihasilkan dari biji nyamplung (*Callophylum Inophyllum*) dengan memanfaatkan tempurung sotong sebagai katalis berdasarkan analisa yang dibandingkan dengan Standart Nasional Indonesia Biodiesel.



### **I.5 Manfaat Inovasi Produk**

Manfaat dari inovasi produk ini adalah :

1. Memanfaatkan biji nyamplung (*Callophyllum Inophyllum*) sebagai bahan alternatif pembuatan biodiesel.
2. Memanfaatkan tempurung sotong sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel dengan proses *liquid-liquid extraction* dan proses transesterifikasi.
3. Sebagai bahan masukan terhadap pemerintah agar lebih memaksimalkan potensi pengembangan tanaman nyamplung agar dapat mengantisipasi kelangkaan minyak diesel di pasaran dan penghematan energi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

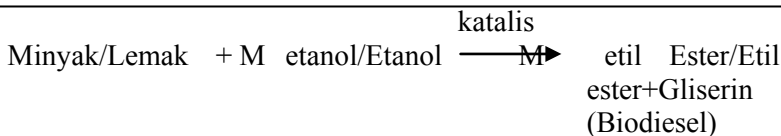
#### **II.1 Biodiesel**

Biodiesel adalah bioenergi atau bahan bakar nabati yang dibuat dari minyak nabati, baik minyak baru maupun bekas penggorengan dan melalui proses transesterifikasi, atau proses esterifikasi-transesterifikasi. Biodiesel digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM untuk motor diesel. Biodiesel dapat diaplikasikan baik dalam bentuk 100% (B 100) atau campuran dengan minyak solar pada tingkat konsentrasi tertentu (B XX), seperti 10% biodiesel dicampur dengan 90% solar yang dikenal dengan nama B 10. Bahan bakar yang terbentuk cair ini bersifat menyerupai solar, sehingga sangat prospektif untuk dikembangkan (Erliza Hambali, 2007).

Menurut Erliza Hambali (2007), biodiesel memiliki kelebihan lain dibandingkan dengan solar, yakni :

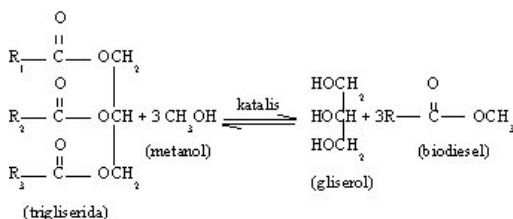
1. Bahan bakar ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik (*free sulphur, low smoke number*);
2. *Cetane number* lebih tinggi (>57) sehingga efisiensi pembakaran lebih baik dibandingkan dengan minyak kasar;
3. Memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin dan dapat terurai (*biodegradable*);
4. Merupakan *renewable energy* karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbarui;
5. Meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal.

Pada prinsipnya, proses pembuatan biodiesel sangat sederhana. Biodiesel dihasilkan melalui proses transesterifikasi minyak atau lemak dengan alkohol. Alkohol akan menggantikan gugus alkohol pada struktur ester minyak dengan dibantu katalis. NaOH dan KOH adalah katalis yang umumnya digunakan.



Proses transesterifikasi bertujuan untuk menurunkan viskositas (kekentalan minyak), sehingga mendekati nilai viskositas solar. Nilai viskositas yang tinggi akan menyulitkan pemompaan/pemasukan bahan bakar dari tangki ke ruang bahan bakar mesin dan menyebabkan atomisasi lebih sukar terjadi. Hal ini mengakibatkan pembakaran kurang sempurna dan menimbulkan endapan pada nosel (Erliza Hambali, 2007).

#### Reaksi transesterifikasi



**Gambar 2.1.** Reaksi Transesterifikasi

Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati, lemak binatang, dan ganggang. Minyak nabati adalah bahan baku yang umum digunakan di dunia untuk menghasilkan biodiesel, diantaranya *rapeseed oil* (Eropa), *soybean oil* (USA), minyak sawit (Asia), dan minyak kelapa (Filipina). Pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel memiliki beberapa kelebihan, diantaranya biodiesel memiliki sumber minyak nabati yang mudah diperoleh, proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati mudah dan cepat (Erliza Hambali, 2007).



**Tabel 2.1** Syarat Mutu Biodiesel menurut SNI 04-7182-2006

No.	Parameter	Satuan	Batas Nilai
1	Massa Jenis pada 40°C	Kg/m <sup>3</sup>	850-890
2	Viskositas Kinematik pada 40°C	Mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3-6,0
3	Angka Setana	-	Min.51
4	Titik Nyala	°C	Min.100
5	Titik Kabut	°C	Maks.18
6	Korosi bilah tembaga (3 jam, 50°C)	°C	Maks.no.3
7	Residu Karbon	% berat	Maks. 0,05
	- Dalam contoh asli	-	(Maks. 0,03)
	- Dalam 10% ampas distilasi	-	
8	Air dan sedimen	% vol	Maks. 0,05
9	Temperatur distilasi 90%	°C	Maks.360
10	Abu tersulfatkan	% berat	Maks. 0,02
11	Belerang	Ppm-b (mg/kg)	Maks.100
12	Fosfor	Ppm-b (mg/kg)	Maks.10
13	Angka asam	Mg-KOH/g	Maks. 0,8
14	Gliserol Bebas	% berat	Maks. 0,02
15	Gliserol Total	% berat	Maks. 0,24
16	Kadar ester alkil	% berat	Min. 96,5
17	Angka iodium	g-12/(100 g)	Maks. 115
18	Uji Halphen	-	Negatif

**Tabel 2.2** Tumbuhan Indonesia Penghasil Minyak Lemak

No.	Nama Latin	Nama	Sumber	Kadar %-b-kr	P/NP
1	<i>Jatropha curcas</i>	Jarak Pagar	Inti Biji	40-60	NP
2	<i>Hevea brasiliensis</i>	Karet	Biji	40-50	NP
3	<i>Cocus nucifera</i>	Kelapa	Daging buah	60-70	P
4	<i>Elais guineensis</i>	Sawit	Sabut+daging	45-70	P
5	<i>Persea gratissima</i>	Alpukat	Daging buah	40-80	P
6	<i>Theobroma cacao</i>	Coklat	Biji	54-58	P
7	<i>Aleurites mohiccana</i>	Kemiri	Inti biji	57-69	NP
8	<i>Moringa oleifera</i>	Kelor	Biji	30-49	P
9	<i>Psophocarpus tetrag</i>	Kecipir	Biji	15-20	P
<b>10</b>	<b><i>Callophylum inophyllum</i></b>	<b>Nyamplung</b>	<b>Inti biji</b>	<b>40-73</b>	<b>NP</b>
11	<i>Oryza sativa</i>	Padi	Dedak	20	P
12	<i>Zea mays</i>	Jagung	Germ	33	P

Keterangan : kr= kering; P= minyak/lemak pangan; NP= minyak/lemak non pangan.

Sumber : (Tatang H. Soerawidjaja, 2005)

## II.2 Nyamplung

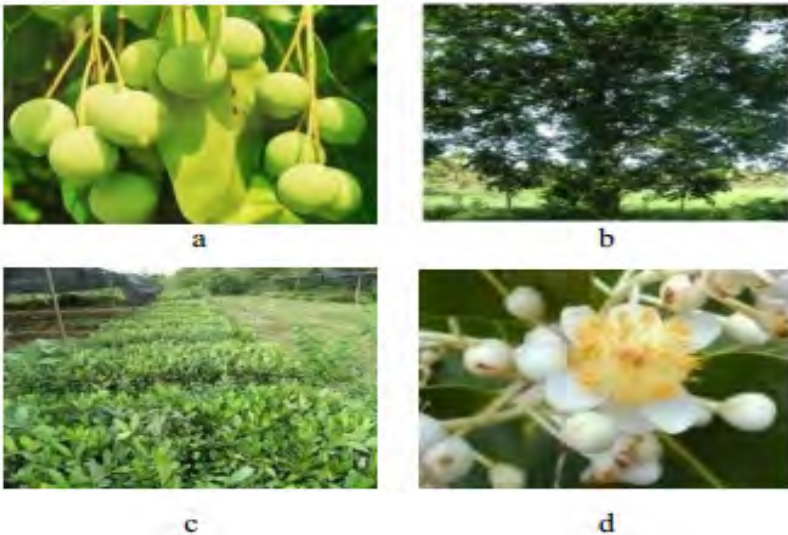
Tumbuhan nyamplung memiliki nama yang berbeda di setiap daerah, seperti “*bintangor*” di Malaysia, “*hitaulo*” di Maluku, “*nyamplung*” di Jawa, “*bintangur*” di Sumatera, “*poon*” di India, dan di Inggris dikenal dengan nama “*Alexandrian Izaurel*”, “*tamanu*”, “*pannay tree*”, serta “*sweet scented calophyllum*” (Dweek dan Meadows, 2002).

Tanaman nyamplung mudah dibudidayakan, tumbuh baik pada ketinggian 0-800 meter dpl seperti di hutan, pegunungan dan rawa-rawa, curah hujan antara 1000-5000 mm per tahun, pH



## *BAB II Tinjauan Pustaka*

tanah 4,0-7,4, tahan pada tanah tandus, daerah pantai yang kering dan berpasir atau digenangi air laut. Namun tanaman ini baru berbuah setelah umur tujuh atau delapan tahun. Tanaman nyamplung berproduksi dua kali dalam satu tahun, yaitu Februari-Maret dan Agustus-September di Indonesia dan di Hawaii April-Juni dan Oktober-Desember (*Friday dan Okano, 2006*).



**Gambar 2.2** Nyamplung

Keterangan :

- a. Buah nyamplung;
- b. Pohon nyamplung;
- c. Benih nyamplung;
- d. Bunga nyamplung.

**Tabel 2.3** Karakteristik Tanaman Nyamplung

No.	Nama Bagian Tanaman	Ciri-ciri
1	Batang	Berkayu, bulat, dan berwarna coklat atau putih kotor
2	Daun	Berwarna hijau, tunggal, bersilang berhadapan, bulat memanjang atau bulat telur, ujung tumpul, pangkal membulat, tepi rata, pertulangan bersirip, panjang 10-21 cm, tangkai 1,5-2,5 cm, daging daun seperti kulit
3	Bunga	Majemuk, bentuk tandan, di ketiak daun yang teratas, berkelamin 2, diameter 2-3 cm, daun berkelopak 4, benang sari banyak, tangkai putik membengkok, kepala putik bentuk perisai, daun mahkota 4, bentuk perisai
4	Buah	Batu, bulat seperti peluru dengan mancung kecil di depannya, diameter 2,3-3,5 cm, berwarna coklat
5	Akar	Tunggang, bulat, berwarna coklat

Luas areal tegakan tanaman nyamplung mencapai 255,35 ribu ha yang tersebar dari Sumatera sampai Papua. Daerah penyebaran nyamplung diantaranya adalah Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Sulawesi, Maluku, dan NTT (Balitbang Kehutanan, 2008).

**Tabel 2.4** Potensi Tegakan Alami Nyamplung di Indonesia

No	Wilayah	Luasan Lahan Potensial Budidaya Nyamplung (ha)		
		Bertegakan Nyamplung	Tanah Kosong	Total
1	Sumatera	7400	16800	24200
2	Jawa	2200	3400	5600
3	Bali dan Nusa Tenggara	15700	4700	20400
4	Kalimantan	10100	19200	29300
5	Sulawesi	3100	5900	9000
6	Maluku	8400	9700	18100
7	Irian Jaya Barat	28000	34900	62900
8	Papua	79800	16400	96200
9	Seluruh Wilayah	177100	107100	284200

Sumber : (Balitbang Kehutanan, 2008).

### II.2.1 Batang Nyamplung

Batang nyamplung berbentuk bulat, dan berwarna putih kotor atau mendekati warna coklat. Menurut Hastira (2014), Manfaat dari batang nyamplung, yaitu diantaranya adalah :

1. Digunakan sebagai bahan konstruksi
2. Digunakan pada proyek bangunan atau pertukangan
3. Digunakan untuk furniture
4. Sebagai bahan baku pembuat kapal, alat musik dan perahu
5. Pemukul golf
6. Kerajinan tangan



**Gambar 2.3** Pohon Nyamplung dan Batang Nyamplung

### **II.2.2 Daun Nyamplung**

Daun nyamplung memiliki warna hijau, berbentuk bulat memanjang atau bujur telur, daunnya menyirip, memiliki panjang 10-21 cm, panjang tangkainya 1,5-2,5 cm, dan permukaan daging daun seperti kulit atau belulang. Menurut Darmanto (2012), Beberapa khasiat dari daun nyamplung adalah :

1. Sebagai obat oles untuk sakit encok.
2. Bahan kosmetik untuk perawatan kulit.
3. Untuk penyembuhan luka (luka bakar dan luka potong).

### **II.2.3 Bunga Nyamplung**

Bunga nyamplung berbentuk tandan, terletak di ketiak daun yang teratas, berkelopak 4, memiliki banyak benang sari, memiliki 4 daun mahkota. Manfaat bunga nyamplung adalah digunakan sebagai campuran untuk mengharumkan minyak rambut (Darmanto, 2012).

### **II.2.4 Getah Nyamplung**

Selain batang, daun dan bunga nyamplung, getah nyamplung juga memiliki manfaat. Getah nyamplung mengandung minyak dan mempunyai indikasi berkhasiat untuk menekan pertumbuhan virus HIV (Darmanto, 2012).



### **II.2.5 Buah dan Biji Nyamplung**

Buah nyamplung berbentuk bulat seperti peluru, berwarna coklat, memiliki diameter 2,3-3,5 cm. Biji buah pohon nyamplung (*Colophyllum inophyllum*) selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Biji dari tanaman nyamplung memiliki banyak kandungan senyawa kimia, antara lain: senyawa lakton yaitu kolofiloida dan asam kalofilat, tacamahin, asam tacawahol, bummi, resin minyak atsiri, senyawa pahit, calanolide A, sitosterol, lendir, gliserin, minyak lemak, tannin, takaferol, dan karatenoid (Sudrajat, 2008).



**Gambar 2.4** Daun, Bunga dan Biji Nyamplung

### **II.3 Minyak Biji Nyamplung**

Minyak nyamplung merupakan minyak kental, berwarna coklat kehijauan, beraroma menyengat seperti karamel dan beracun. Minyak nyamplung dihasilkan dari buah yang telah matang dan mempunyai fungsi penyembuhan untuk jaringan terbakar (Kilham, 2004).

Minyak nyamplung mempunyai kandungan asam lemak tidak jenuh yang cukup tinggi seperti asam oleat serta komponen-komponen tak tersabunkan diantaranya alkohol lemak, sterol, xanton, isokalofilat, isoptalat, dan kapelierat, asam pseudobrasilat



dan penyusun triterpenoat sebanyak 0,5-2% yang dapat dimanfaatkan sebagai obat (Pardede, 2012).

**Tabel 2.5** Sifat Fisika-Kimia Minyak Nyamplung dari Balitbang Kehutanan

Karakteristik	Sebelum degumming	Sesudah degumming
Kadar air	0,25 %	0,41 %
Densitas suhu 20°C	0,944 g/ml	0,940 g/ml
Viskositas suhu 40°C	56,7 cp	53,4 cp
Bilangan asam	59,94 mg KOH/g	54,18 mg KOH/g
Kadar FFA	29,53 %	27,21 %
Bilangan penyabunan	198,1 mg KOH/g	194,7 mg KOH/g
Bilangan iod	86,42 mg/g	85,04 mg/g
Indeks refraksi	1,447	1,478
Penampakan/warna	Hijau gelap dan kental dengan bau menyengat	Kuning kemerahan dan kental

Sumber : (Balitbang Kehutanan, 2008)

**Tabel 2.6** Komposisi Asam Lemak Minyak Nyamplung

Asam Lemak	% Berat
Palmitic, C16:0	13,66
Palmitoleic, C16:1	0,24
Heptadecanoic, C17:0	0,15
Heptadecenoic, C17:1	0,06
Stearic, C18:0	16,55
Oleic, C18:1	42,48
Linoleic, C18:2	25,56
Linolenic, C18:3	0,20
Arachidic, C20:0	0,87
Arachidonic, C20:1	0,23

Sumber : (J.Brown, 2014).





## II.4 Pengolahan Minyak Nyamplung

Proses pengolahan biodiesel dari nyamplung hampir sama dengan pengolahan minyak sawit, kelapa dan jarak pagar. Tetapi karena biji nyamplung mengandung zat ekstraktif yang tinggi, maka pada proses pengukusan lebih lama dan pemisahan getah (*degumming*) dilakukan pada konsentrasi tinggi (Prof. Sudrajat, 2008).

Menurut Prof. Sudrajat (2008), Tahapan pengolahan biji nyamplung hingga menghasilkan minyak nyamplung adalah :

1. Penyimpanan biji.
2. Pengeringan biji.
3. Pengepresan biji.
4. Degumming.
5. Pengolahan minyak nyamplung menjadi biodiesel.



**Gambar 2.5** Minyak Nyamplung

Keterangan : 1. Minyak nyamplung hasil pres; 2. Minyak nyamplung hasil *degumming*; 3. Gliserol; 4. Stearin; 5. Biodiesel

## II.5 Soxhlet Extraction

Ekstraksi adalah salah satu proses pemisahan atau pemurnian suatu senyawa dari campurannya dengan bantuan pelarut. Pelarut yang digunakan harus dapat mengekstrak substansi yang diinginkan tanpa melarutkan material suatu bahan lainnya. Ekstraksi merupakan salah satu metode pemisahan yang menggunakan sifat fisis, yaitu perbedaan kelarutan komponen-



komponen dalam larutan dengan menggunakan larutan lain sebagai media pemisah (Laddha, 1976).

*Soxhlet* ditemukan oleh Franz Ritter von Soxhlet, seorang ahli kimia dari Jerman. Pada ekstraktor *Soxhlet*, pelarut dipanaskan dalam labu didih sehingga menghasilkan uap. Uap tersebut kemudian masuk ke kondensor melalui pipa kecil dan keluar dalam fasa cair. Jumlah lemak/minyak pada contoh diketahui dengan menimbang lemak setelah pelarut diuapkan. Jumlah lemak per berat bahan yang diperoleh menunjukkan kadar lemak kasar (*crude fat*) yaitu komponen yang terkestrak oleh pelarut organik tidak hanya lemak/minyak, tetapi juga komponen lain yang larut pelarut organik seperti vitamin larut lemak (A, D, E, dan K) serta karotenoid (Dina, 2013).

Faktor yang mempengaruhi ketelitian analisis metode *soxhlet* antara lain sebagai berikut:

- a. Ukuran partikel bahan/contoh.
- b. Jenis pelarut.
- c. Waktu ekstraksi.
- d. Suhu ekstraksi.

(Dina, 2013).

## II.6 Esterifikasi

Esterifikasi bertujuan untuk menurunkan kadar FFA dalam minyak. Esterifikasi dilakukan dengan mereaksikan minyak dengan metanol dengan bantuan katalis asam yaitu asam sebanyak 1% dari massa minyak. Suhu operasi esterifikasi 60 °C selama 1,5 jam. Reaksi esterifikasi mengubah FFA menjadi *fatty acid ester* sehingga kadar FFA menjadi turun. Turunnya kadar FFA diharapkan menekan terjadinya reaksi saponifikasi. Hasil samping reaksi esterifikasi adalah terbentuknya air (Suryandari, 2013).

## II.7 Liquid-liquid Extraction

*Liquid-liquid Extraction* adalah proses pemisahan suatu komponen dari fasa cair ke fasa cair lainnya yang memiliki



---

## BAB II Tinjauan Pustaka

---

perbedaan tingkat kepolaran dengan bantuan *solvent*. Menurut Laddha (1976), *liquid-liquid extraction* digunakan jika pemisahan dengan operasi seperti distilasi, evaporasi, kristalisasi dan lain-lain tidak tercapai. Operasi *liquid-liquid extraction* terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

1. Kontak antara pelarut (*solvent*) dengan fasa cair yang mengandung komponen yang akan diambil (*solute*), kemudian *solute* akan berpindah dari fasa umpan (*diluent*) ke fasa pelarut.
2. Pemisahan dua fasa yang tidak saling melarutkan yaitu fasa yang banyak mengandung pelarut disebut fasa ekstrak dan fasa yang banyak mengandung umpan disebut fasa rafinat.

Pada *liquid-liquid extraction*, satu komponen bahan atau lebih dari suatu campuran dipisahkan dengan bantuan pelarut. Proses ini digunakan secara teknis dalam skala besar misalnya untuk memperoleh vitamin, antibiotika, bahan-bahan penyedap, produk-produk minyak bumi dan garam-garam logam. Proses inipun digunakan untuk membersihkan air limbah dan larutan ekstrak hasil ekstraksi padat cair (Farx, 2011).

Menurut Martunus & Helwani (2005), *solvent* harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut:

1. Memiliki kemampuan yang tinggi untuk melarutkan komponen zat terlarut di dalam campuran.
2. Memiliki kemampuan tinggi untuk diambil kembali.
3. Memiliki perbedaan berat jenis antara ekstrak dan rafinat lebih besar.
4. Pelarut dan larutan yang akan diekstraksi harus tidak mudah tercampur.
5. Tidak mudah bereaksi dengan zat yang akan diekstraksi.
6. Tidak merusak alat secara korosi.
7. Tidak mudah terbakar, tidak beracun dan harganya relative murah.

**Tabel 2.7 Solvent Polarity Index**

No	Solvent	Polarity Index
1	Pentana	0
2	Heksana	0,1
3	Petroleum Eter	0,1
4	N-butil klorida	1
5	Toluena	2,4
6	Metil Butil Eter	2,5
7	Klorobenzena	2,7
8	Etil Eter	2,8
9	Isopropil Alkohol	3,9
10	Isobutil Alkohol	4
11	Metanol	5,1
12	Air	10,2

Dari tabel diatas menjelaskan tentang tingkat kepolaran dari *solvent*. Setiap *solvent* memiliki tingkat kepolaran yang berbeda-beda. *Solvent* pentana, n-heksan dan petroleum eter merupakan senyawa nonpolar dengan *polarity index* yang sangat kecil , sedangkan *solvent* air merupakan *solvent* dengan tingkat kepolaran yang tinggi (Jackson, 2014).

Dalam pembuatan biodiesel liquid-liquid extraction berfungsi untuk mengisolasi trigliserida dari minyak menggunakan metode ekstraksi pelarut. Dalam proses ekstraksi ini, akan terbentuk dua lapisan, yaitu lapisan yang mengandung senyawa polar dan non polar. Solvent yang biasanya digunakan adalah Petroleum Ether atau n-heksan untuk mengikat senyawa non polar dan methanol untuk mengikat senyawa polar. Pemilihan solvent ini berdasarkan dengan polarity index (Gunawan, 2014). Methanol yang merupakan senyawa polar memiliki pol arity index 5,1 sedangkan Petroleum eter yang merupakan senyawa nonpolar memiliki pol arity index 0,1. *Solvent* dianjurkan memiliki titik didih dibawah 100°C agar mudah untuk diuapkan (Jackson, 2014).



## II.8 Transesterifikasi

Biodiesel umumnya diproduksi dari *refined vegetable oil* melalui proses transesterifikasi. Pada dasarnya proses ini bertujuan untuk mengubah trigliserida menjadi asam lemak metil ester. Kandungan asam lemak bebas bahan baku merupakan salah satu faktor penentu jenis proses pembuatan biodiesel. Umumnya, minyak murni memiliki kadar FFA rendah (sekitar 2%) sehingga dapat langsung diproses dengan metode transesterifikasi. Metode transesterifikasi merupakan metode yang umum digunakan untuk memproduksi biodiesel hingga rendemen 95% dari bahan baku minyak tumbuhan (Erliza Hambali, 2007).

## II.9 Katalis

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat suatu laju reaksi dan menurunkan energi aktivasi, namun zat tersebut tidak habis bereaksi. Ketika reaksi selesai, kita akan mendapatkan massa katalis yang sama seperti pada awal kita tambahkan. Zat yang menghambat berlangsungnya reaksi disebut inhibitor. Dalam suatu reaksi kimia, katalis tidak ikut bereaksi secara tetap sehingga dianggap tidak ikut bereaksi. Secara umum, katalis yang digunakan dalam reaksi kimia ada tiga jenis, yaitu katalis homogen, katalis heterogen, biokatalis (Enzim), dan Autokatalis (S.Silaen, 2010).

Menurut S.Silaen (2010), macam-macam katalis adalah :

1. Katalis Homogen

Adalah katalis yang wujudnya sama dengan wujud reaktannya. Dalam reaksi kimia, katalis homogen berfungsi sebagai zat perantara (fasilitator). Beberapa jenis katalis homogen yang telah digunakan antara lain NaOH, KOH d ll. Penggunaan katalis ini mempunyai kekurangan seperti sifat korosif yang tinggi dan katalis ini tidak mungkin digunakan kembali sehingga dalam proses pembuatan metil ester ini NaOH dibuang dalam bentuk larutan dan mengganggu lingkungan.

2. Katalis Heterogen

Adalah katalis yang wujudnya berbeda dengan wujud



reaktannya. Reaksi zat-zat yang melibatkan katalis jenis ini, berlangsung pada permukaan katalis tersebut. Beberapa jenis katalis heterogen antara lain  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ .

### 3. Biokatalis (Enzim)

Adalah katalis yang memiliki keunggulan sifat (aktivitas tinggi, selektivitas dan spesifitas) sehingga dapat membantu proses-proses kimia kompleks pada kondisi lunak dan ramah lingkungan. Kelemahannya antara lain sangat mahal, sering tidak stabil, mudah terhambat, tidak dapat diperoleh kembali setelah dipakai. Salah satu Biokatalis yang telah dilaporkan penggunaannya adalah Enzim lipase (*Triacylglycerol Aclydrolases*).

### 4. Autokatalis

Adalah zat hasil reaksi yang berfungsi sebagai katalis. Artinya, produk reaksi yang terbentuk akan mempercepat reaksi kimia. Reaksi antara kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) dengan asam oksalat ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) salah satu hasil reaksinya berupa senyawa mangan sulfat ( $\text{MnSO}_4$ ). Semakin lama, laju reaksinya akan semakin cepat karena  $\text{MnSO}_4$  yang terbentuk berfungsi sebagai katalis.

## II.10 Tempurung Sotong atau *Cuttlefish* (Katalis $\text{CaO}$ )

Katalis  $\text{CaO}$  merupakan katalis heterogen.  $\text{CaO}$  dapat dipreparasi dengan melakukan kalsinasi kalsium karbonat pada suhu yang tinggi.  $\text{CaO}$  yang digunakan berukuran  $\pm 100$  mesh, semakin kecil ukuran  $\text{CaO}$  yang digunakan semakin luas luas permukaan katalis. Luasnya permukaan katalis dapat mempercepat laju reaksi.  $\text{CaO}$  memiliki sisi-sisi yang bersifat basa dan  $\text{CaO}$  telah diteliti sebagai katalis basa yang kuat dimana untuk menghasilkan biodiesel menggunakan  $\text{CaO}$  sebagai katalis basa mempunyai banyak manfaat, misalnya aktivitas katalis yang tinggi, masa penggunaan katalis yang lama, serta biaya katalis yang rendah. Kalsium karbonat didapat dari endapan batu gamping marmer, kapur (chalk), dolomit atau kulit kerang, cangkang telur, dan tulang sapi (Natalia Christina, 2012).



---

*BAB II Tinjauan Pustaka*

---

*Cuttlefish* atau Sotong atau ikan nus adalah binatang yang hidup di perairan, khususnya sungai maupun laut atau danau. Hewan ini dapat ditemukan di hampir semua perairan yang berukuran besar baik air tawar, air payau, maupun air asin pada kedalaman bervariasi, dari dekat permukaan hingga beberapa ribu meter di bawah permukaan (Kurniawan, 2012).



**Gambar 2.6** Ikan Sotong (*Cuttlefish*)



**Gambar 2.7** Tempurung Ikan Sotong (*Cuttlefish*)

Tempurung sotong mengandung beberapa mineral seperti kalsium karbonat, sodium klorida, kalsium fosfat, dan garam magnesium (Aries, 2012). Berdasarkan komposisi tempurung sotong yang mengandung kalsium karbonat, maka dapat dibuat menjadi katalis CaO dengan proses kalsinasi.



### II.11 Petroleum Ether

PE atau Petroleum Ether adalah cairan campuran hidrokarbon yang mudah sekali terbakar dan biasanya digunakan sebagai pelarut nonpolar. Petroleum ether terutama terdiri atas pentana, dan kadang-kadang digunakan sebagai pengganti pentana karena dengan biaya lebih rendah. Pada suhu 20 °C. Petroleum Ether memiliki densitas sebesar 0,64 g/ml (Oki, 2010).

Sifat fisik dan kimia Petroleum Ether berdasarkan Science Lab (2013) adalah :

1. Berbentuk *liquid* dan bening tak berwarna.
2. Memiliki *boiling point* sebesar 60°C atau 140°F.
3. Memiliki *specific gravity* sebesar 0,7.
4. Memiliki densitas *vapour* sebesar 3,9.
5. Dapat larut dalam air dingin.

### II.12 Methanol

Metanol dikenal sebagai metil alkohol atau spiritus, adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CH<sub>3</sub>OH. Metanol merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada keadaan atmosfer metanol berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol). Metanol digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan bakar dan sebagai bahan aditif bagi etanol industri (Zyza, 2012).

Sifat fisik dan kimia methanol berdasarkan Science Lab (2013) adalah :

1. Berbentuk *liquid* dan tak berwarna.
2. Memiliki berat molekul sebesar 32,04 g/mol.
3. Memiliki *boiling point* sebesar 64,5°C atau 148,1°F.
4. Memiliki *specific gravity* sebesar 0,7915.
5. Memiliki densitas *vapour* sebesar 1,1
6. Mudah larut dalam air dingin, air panas.



## **BAB III**

### **METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK**

#### **III.1 Tahap Pelaksanaan**

1. Tahap Pengeringan Biji Nyamplung
2. Tahap Pengepresan Biji Nyamplung
3. Tahap Pemisahan antara TGA dan FFA (*Liquid-liquid Extraction*)
4. Tahap Pembuatan Katalis CaO
5. Tahap Transesterifikasi
6. Tahap Analisa

#### **III.2 Bahan yang Digunakan**

1. Biji nyamplung
2. Petroleum Ether
3. Tempurung sotong (*cuttle fish*)
4. Metanol
5. Asam Phosphat

#### **III.3 Peralatan yang Digunakan**

- |                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| 1. Timbangan analisa   | 12. Termometer              |
| 2. Viskometer          | 13. Corong                  |
| 3. Picnometer          | 14. Pipet Volume            |
| 4. <i>Furnace</i>      | 15. Oven                    |
| 5. Spatula             | 16. <i>Magnetic Stirrer</i> |
| 6. Cawan               | 17. Tabung reaksi           |
| 7. <i>Beaker Glass</i> | 18. Pemanas elektrik        |
| 8. Labu ukur           | 19. Statif                  |
| 9. Gelas ukur          | 20. Kaki tiga               |
| 10. Pipet tetes        | 21. <i>Centrifuge</i>       |
| 11. Erlenmeyer         | 22. Alat pres               |



### **III.4 Variabel yang Dipilih**

1. Petroleum Ether/Methanol untuk *liquid-liquid extraction*: 3:1, 4:1
2. Solvent/Minyak nyamplung untuk *liquid-liquid extraction*: 4:1, 5:1, 6:1
3. % katalis : 2%; 3% b; dan 5% dan 7% dari berat minyak nyamplung

### **III.5 Prosedur Pembuatan**

#### **III.5.1 Tahap Persiapan**

##### **III.5.1.1 Tahap Pembuatan Minyak Nyamplung**

1. Biji buah *Callophyllum inophyllum* disuplai dari CV. Nusa Palapa Cilacap, Jawa Tengah
2. Tahap awal yang dilakukan adalah meengupas kulit biji nyamplung. Setelah itu biji buahnya dikeringkan sampai berwarna coklat dan benar-benar kering.
3. Melakukan pengepresan pada biji nyamplung yang sudah dikeringkan untuk menghasilkan minyak nyamplung.

#### **III.5.2 Tahap Proses Pembuatan Produk**

##### **III.5.2.1 Tahap Degumming**

1. Memanaskan minyak biji nyamplung dalam erlenmeyer hingga mencapai suhu 65°C dengan menggunakan pemanas elektrik.
2. Menambahkan  $H_3PO_4$  sebesar 0,5% dari berat minyak nyamplung sambil diaduk untuk menghilangkan getah (*gum*) pada minyak biji nyamplung.
3. Memanaskan minyak kembali selama 15 menit untuk menghilangkan kandungan air yang masih terkandung dalam minyak.
4. Memisahkan biji nyamplung dengan kotoran yang tidak terlarut.
5. Hasil dari proses degumming akan memperlihatkan perbedaan warna yang jelas dari minyak asalnya, yaitu berwarna kuning kemerah-merahan.

**III.5.2.2 Tahap *Liquid-liquid Extraction***

1. Menyiapkan *solvent* Petroleum Eter/Methanol sesuai variabel yang ditentukan.
2. Mencampur antara minyak nyamplung dengan *solvent* petroleum eter sesuai dengan variabel selama 10 menit ke dalam alat *liquid-liquid extraction*.
3. Setelah itu menambahkan *solvent* metanol pada campuran minyak dan petroleum eter dan mengaduknya selama 10 menit.
4. Setelah terbentuk 2 lapisan, maka kedua lapisan tersebut dipisahkan dengan cara memisahkan lapisan atas dan lapisan bawah menggunakan pipet volume. TGA akan terlarut dalam fase petroleum ether dan FFA akan terlarut dalam fase methanol.
5. Mengulangi prosedur yang sama hingga 4 t ingkatan. Kemudian menganalisa kandungan FFA tiap variabel dan kandungan FFA terkecil akan digunakan untuk proses transesterifikasi.

**III.5.2.3 Tahap Pembuatan Katalis CaO**

1. Menghancurkan tempurung sotong hingga halus.
2. Setelah tempurung sotong tersebut dihancurkan sampai halus, melakukan kalsinasi tempurung sotong dengan menggunakan furnace pada suhu 900°C selama 4 jam

**III.5.2.4 Tahap Transesterifikasi**

1. Menggunakan variabel yang mengandung FFA yang terkecil.
2. Memanaskan minyak biji nyamplung hingga suhu 60°C
3. Menambahkan katalis CaO sesuai dengan variabel yaitu 2 %, 3 %, 5% dan 7% dari berat minyak nyamplung.
4. Menambahkan methanol dengan rasio molar minyak dengan methanol sebesar 1:15.
5. Mengaduk dan menjaga suhu konstan 60°C selama 30 menit.



6. Memisahkan zat-zat pengotor seperti sisa methanol, sisa katalis dengan cara mengendapkan selama 12 jam.
7. Mengambil lapisan minyak pada bagian atas dan mencucinya dengan aquadest 1/3 dari volume minyak pada suhu 40°C.

### **III.5.3 Prosedur Analisa Minyak Nyamplung dan Biodiesel Nyamplung**

#### **III.5.3.1 Analisa Kandungan Air**

1. Memasukkan 10 ml minyak nyamplung ke dalam cawan kosong dan menimbanganya ( $W_1$ )
  2. Memasukkannya pada oven suhu 110°C.
  3. Menimbang sampel hingga konstan ( $W_2$ )
- Persen *moisture content* dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \%$$

Keterangan:

$W_1$  = berat sampel awal

$W_2$  = berat sampel setelah dipanaskan pada suhu 110 °C

#### **III.5.3.2 Analisa Kadar FFA dan Bilangan Asam**

1. Menimbang minyak nyamplung yang akan diuji sebanyak 10 gram di dalam Erlenmeyer.
2. Menambahkan 50 ml alkohol 96%.
3. Memanaskan minyak selama 10 menit dalam pemanas elektrik sambil diaduk hingga larut menggunakan spatula (batang pengaduk).
4. Menambahkan 3 tetes indikator PP dalam larutan sampel.
5. Kemudian menitrasi dengan KOH 0,1 N sampai tepat terlihat warna merah jambu dan mencatat hasil volume titrasi.
6. Menghitung bilangan asam, dan kadar asam dari minyak nyamplung.



### III.5.3.3 Pengukuran Densitas

1. Menimbang picnometer kosong.
2. Menuangkan sampel kedalam picnometer hingga penuh.
3. Menimbang picnometer+isi.
4. Menghitungnya dengan menggunakan rumus :

$$\text{Densitas} = \frac{\text{Picno isi} - \text{Picno kosong}}{\text{Volume picno}}$$

### III.5.3.4 Pengukuran Viskositas

1. Menyiapkan *viscometer Ostwald*.
2. Memasukkan minyak nyamplung pada *viscometer Ostwald*.
3. Menghisap minyak nyamplung dengan menggunakan penghisap tekanan untuk menyesuaikan level tertinggi sampel uji ke posisi di lengan kapiler dari instrument.
4. Mengukur dan mencatat waktu yang dibutuhkan oleh minyak nyamplung untuk mencapai batas (level) bawah dari garis yang terdapat pada lengan kapiler dari instrumen sekitar 7 mm di atas batas waktu pertama.

### III.5.3.5 Analisa *Flash Point*

1. Menuangkan minyak nyamplung sebanyak 10 ml kedalam cawan porselen.
2. Meletakkan cawan porselen yang berisi sampel di atas kaki tiga
3. Melihat suhu awal sampel sebagai  $t_0^{\circ}\text{C}$ .
4. Menyalakan bunsen.
5. Mencatat waktu setiap kenaikan suhu  $2^{\circ}\text{C}$ .
6. Mencatat temperatur ketika timbul asap.
7. Mencatat temperature ketika sampel menyala pertama kali sebagai titik nyala (*flash point*).



8. Mencatat temperatur ketika sampel timbul api dan menyala sekurang-kurangnya selama 5 detik sebagai titik api (*fire point*).
9. Memadamkan api pada sampel dengan menutupnya menggunakan kain basah.

#### **III.5.3.6 Analisa *Cloud point***

1. Menuangkan biodiesel ke dalam tabung uji tepat sampai tanda.
2. Menutup tabung uji dengan sumbat gabus yang telah dipasang termometer dan mengaturnya sehingga permukaan kapiler termometer berada 3 mm dibawah permukaan biodiesel.
3. Menempatkan lempeng pada dasar jaket dan juga menempatkan cincin gasket di sekeliling tabung uji kemudian memasukkannya ke dalam jaket.
4. Mempertahankan suhu pendinginan pada -1 sampai -2°C
5. Apabila biodiesel masih mengalir, tabung uji dipindahkan ke penangas kedua dan mengulangi percobaan.
6. Mencatat pembacaan termometer segera setelah minyak dalam tabung uji mulai terbentuk kristal.

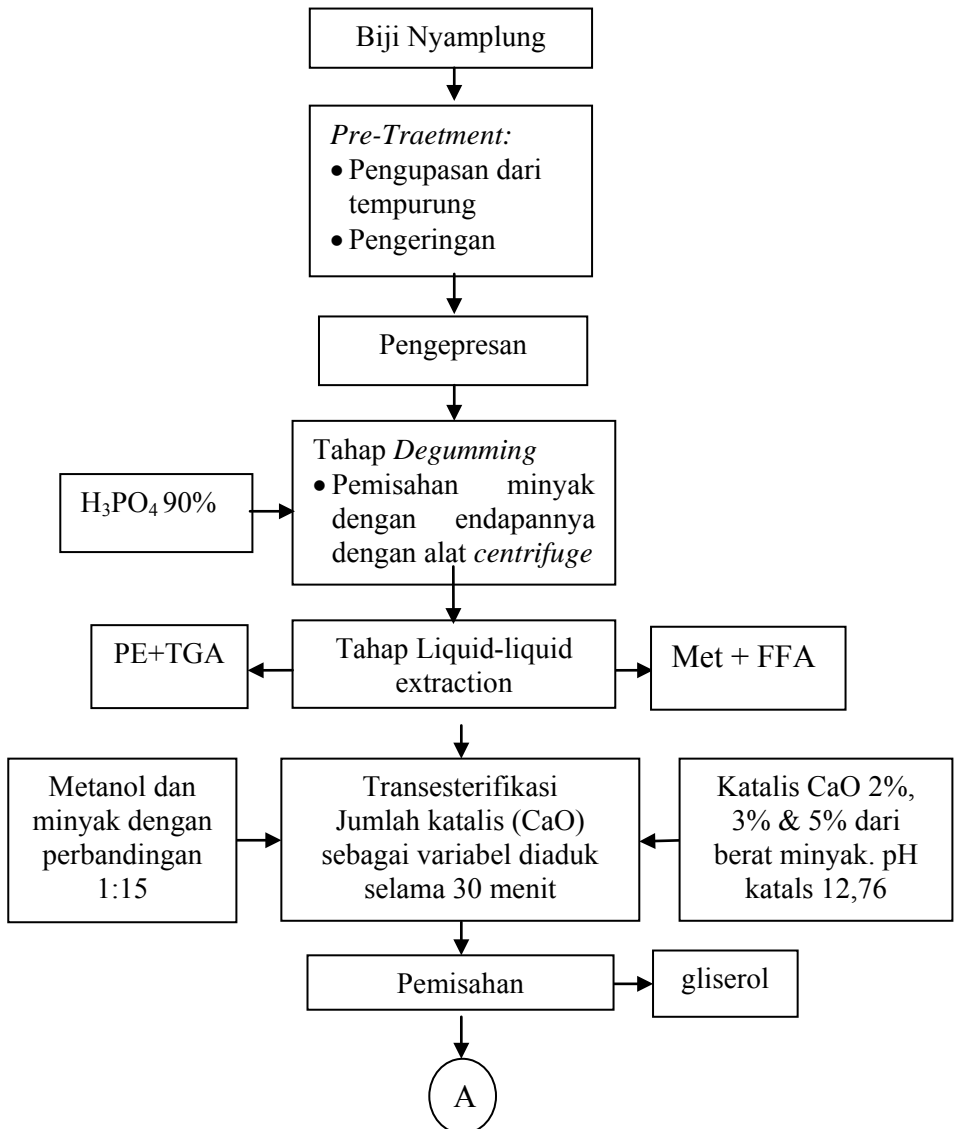
#### **III.5.4 Tempat Pelaksanaan**

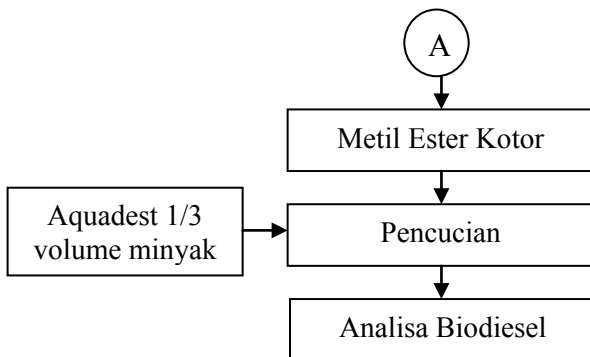
Penelitian Pembuatan biodiesel dilaksanakan di:

1. Laboratorium Teknologi Biofuel, Atsiri dan Nabati D3 Teknik Kimia FTI-ITS.
2. Laboratorium Teknik Pembakaran D3 Teknik Kimia FTI-ITS



### III.6 Diagram Blok Pembuatan Biodiesel



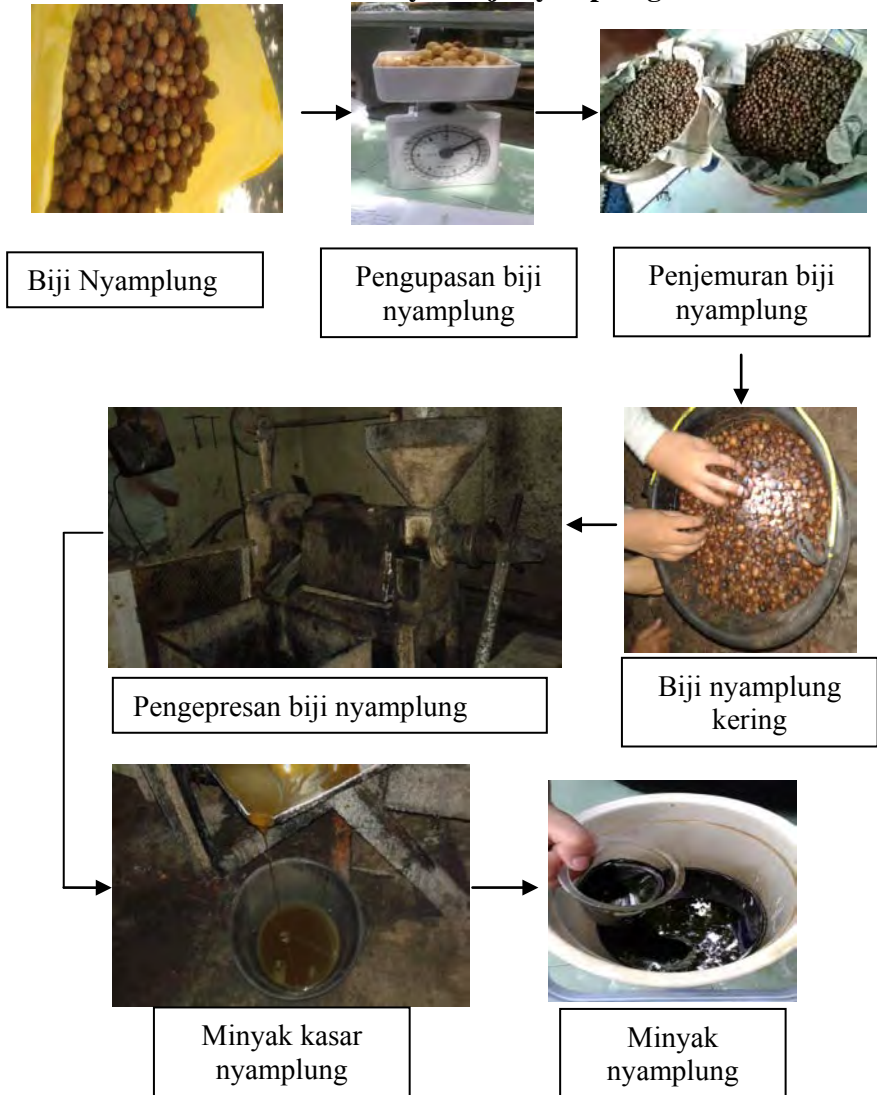






### III. 7 Gambar Percobaan

#### III.7.1 Gambar Pembuatan Minyak Biji Nyamplung





### III.7.2 Gambar Tahap Degumming



Minyak sebelum degumming



Pemanasan pada suhu 65°C



Penambahan  $H_3PO_4$  0,5% dari berat minyak



Memisahkan endapan dengan alat centrifuge



Minyak setelah pengadukan masih mengandung endapan



Minyak diaduk hingga terjadi perubahan warna



Minyak setelah degumming



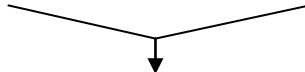
endapan/gum

**III.7.3 Tahap *Liquid-Liquid Extraction***

Memasukkan PE  
ke dalam alat  
ekstraksi



Menambahkan minyak  
kedalamnya dan mengaduk  
selama 10 menit

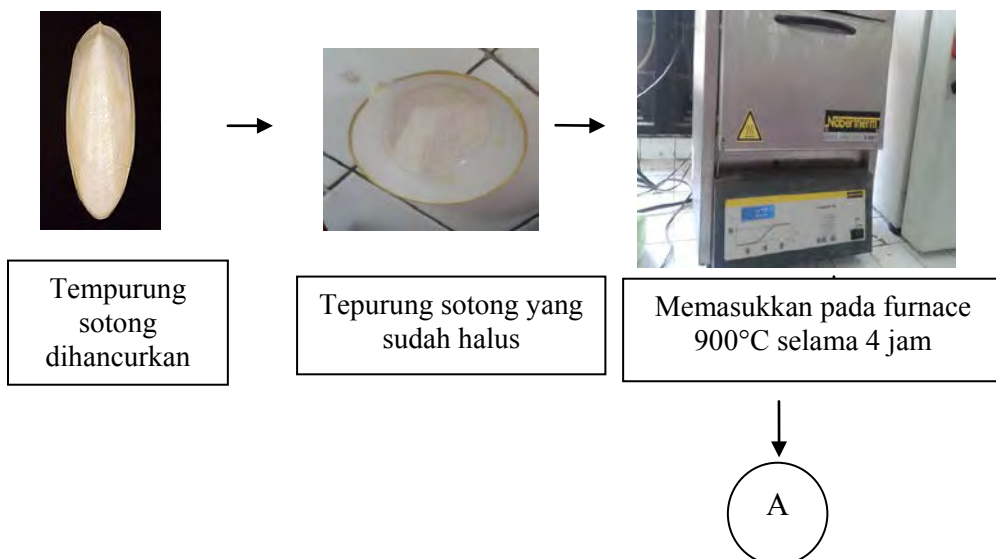


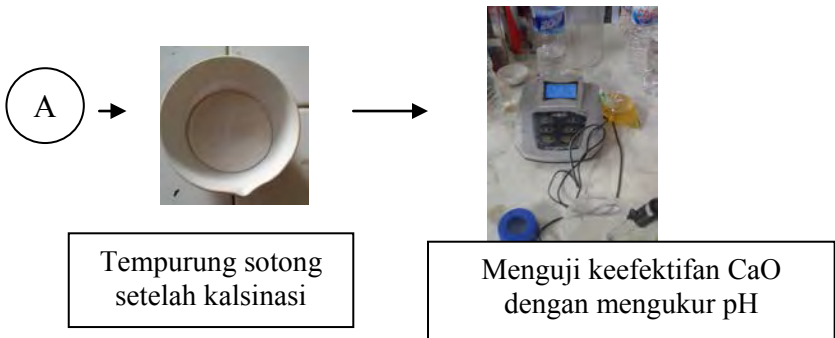
Menambahkan metanol kedalam campuran  
PE dan minyak kemudian mengaduk  
kembali selama 10 menit

A

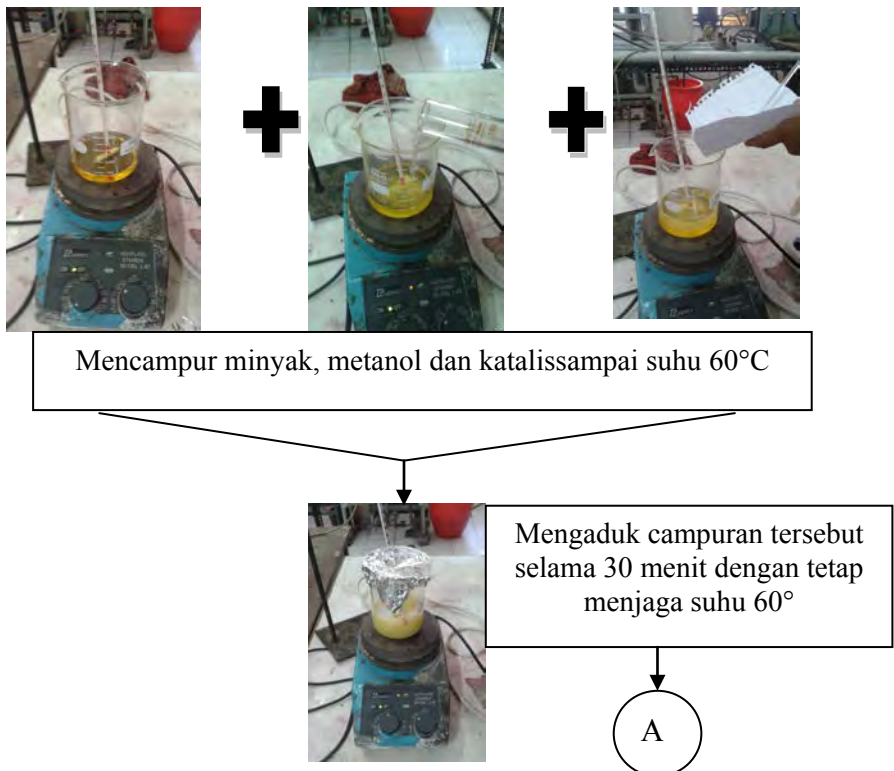


### III.7.4 Tahap Kalsinasi CaO





### III.7.5 Tahap Transesterifikasi







**III.7.6 Tahap Analisa**

Analisa  
viskositas



Analisa *cloud  
point*



Analisa *flash  
point*



Analisa  
densitas

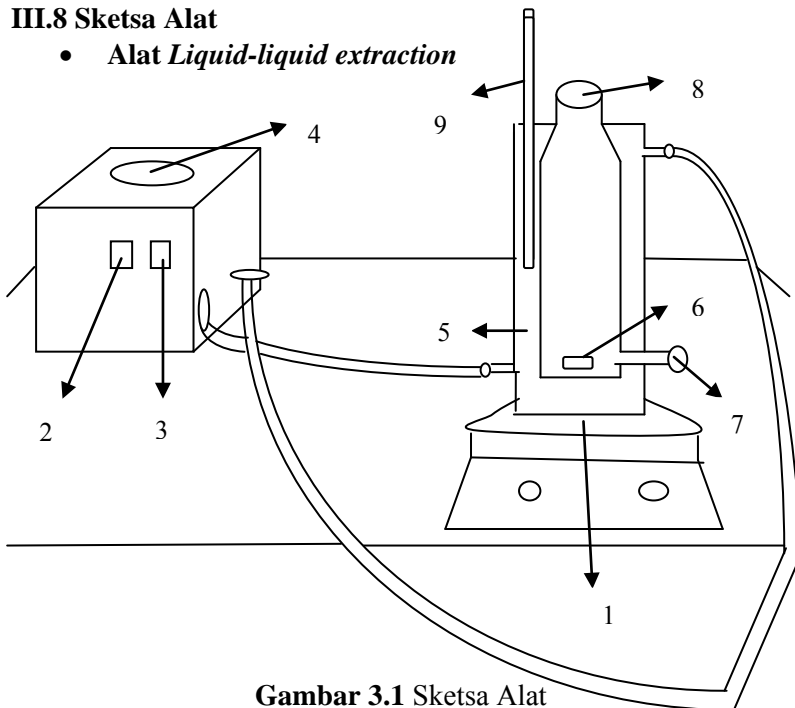


Analisa  
angka asam



### III.8 Sketsa Alat

- *Alat Liquid-liquid extraction*



**Gambar 3.1** Sketsa Alat

Keterangan :

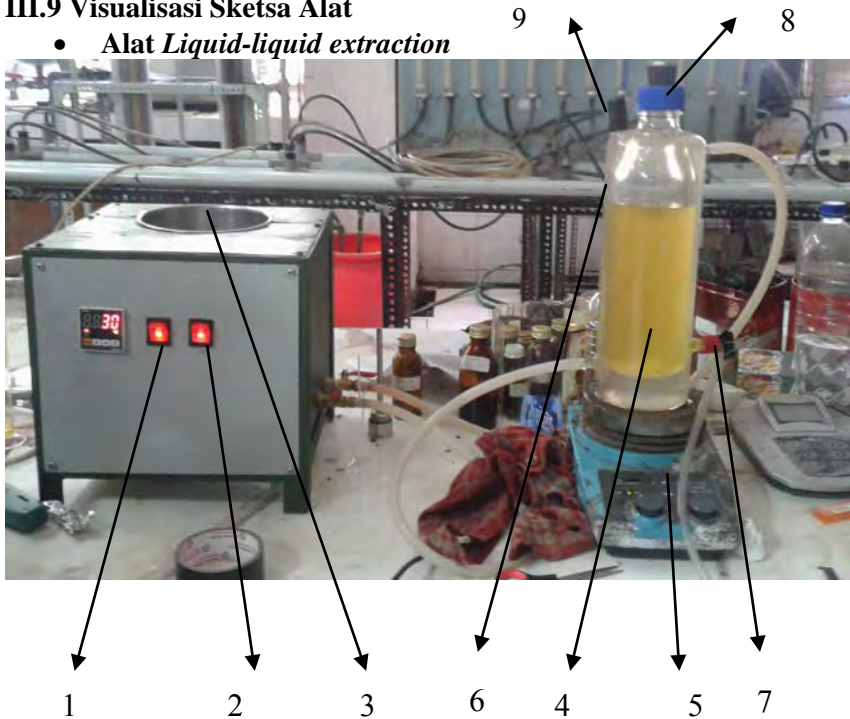
- 1) Pemanas elektrik dan *stirrer*
- 2) Tombol pompa air
- 3) Tombol pengatur suhu
- 4) Tempat penampung air
- 5) Jaket pemanas
- 6) *Magnetic stirrer*
- 7) Keluaran lapisan bawah
- 8) Keluaran lapisan atas
- 9) Termometer





### III.9 Visualisasi Sketsa Alat

- **Alat Liquid-liquid extraction**



**Gambar 3.2** Alat *Liquid-liquid extraction*

Keterangan :

1. Tombol pengatur suhu
2. Tombol pompa air
3. Tempat penampung air
4. Tempat ekstraksi
5. Pemanas elektrik dan *stirrer*
6. Jaket pemanas
7. Keluaran lapisan bawah
8. Keluaran lapisan atas
9. Termometer

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### IV.1 Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dalam penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pembuatan biodiesel dari biji nyamplung (*Callophyllum inophyllum*) dengan proses *liquid-liquid extraction* dan transesterifikasi menggunakan katalis tempurung sotong. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak nyamplung yang didapatkan dari hasil pengepresan biji nyamplung. Minyak nyamplung memiliki %FFA lebih dari 2%, oleh karena itu %FFA minyak nyamplung harus diturunkan hingga <2% dengan menggunakan proses *liquid-liquid extraction* sebagai pengganti proses esterifikasi. Sebelum proses *liquid-liquid extraction* minyak nyamplung dipisahkan terlebih dahulu dengan *gum* nya dalam proses *degumming*. Hasil analisa minyak nyamplung sebelum dan sesudah *degumming* dapat dilihat pada **Tabel 4.1** berikut :

**Tabel 4.1** Sifat Fisika Kimia Minyak Nyamplung

Karakteristik Fisika-Kimia	Hasil Analisis Sebelum <i>degumming</i>	Hasil Analisis Sesudah <i>degumming</i>
Viskositas suhu 40°C	49,663 cp	50,635 cp
Densitas suhu 20°C	0,96 g/cm <sup>3</sup>	0,92 g/cm <sup>3</sup>
Kadar Air	0,242 %	0,587 %
Kadar FFA	4,11 %	3,65 %
Warna	Hijau gelap	Kuning kemerahan
Bau	Bau menyengat	Bau menyengat

Pada **Tabel 4.1** terlihat bahwa minyak nyamplung sebelum dan sesudah *degumming* mengalami perubahan nilai viskositas, densitas, kadar air, kadar FFA, dan warna. Minyak nyamplung hasil *degumming* adalah minyak yang sudah dipisahkan dengan endapannya (*gum*) dengan bantuan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.



Setelah kotorannya dihilangkan maka minyak nyamplung dapat digunakan pada proses *liquid-liquid extraction*, dimana proses tersebut berfungsi untuk mengurangi %FFA nya hingga  $<2\%$ . *Liquid-liquid extraction* berfungsi untuk memisahkan dan mengisolasi senyawa trigliserida dalam minyak nyamplung sehingga dapat digunakan sebagai pengganti proses esterifikasi (Gunawan, 2014). Hasil %FFA minyak nyamplung dari proses *liquid-liquid extraction* dapat dilihat pada **Tabel 4.2** berikut :

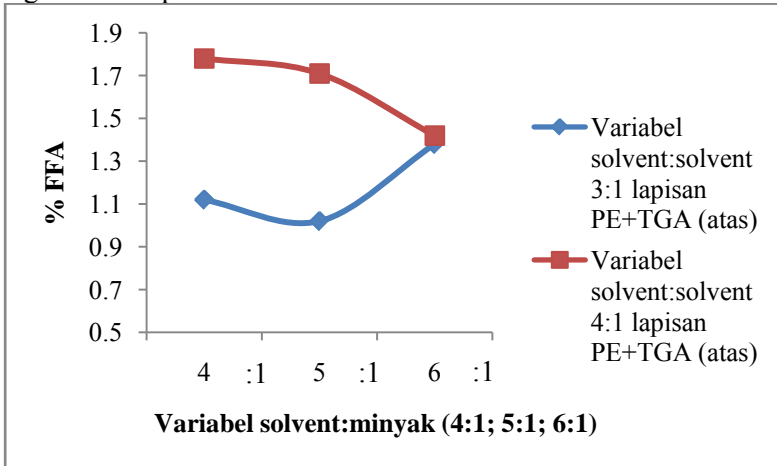
**Tabel 4.2** Hasil Analisa FFA pada Lapisan Atas (PE+TGA) dan Lapisan Bawah (MET+FFA) Variabel *Solvent* 3:1 dan 4:1 dan Variabel *Solvent*-Minyak 4:1; 5:1 dan 6:1

No	Variabel PE:MET	Variabel Solvent:minyak	%FFA PE+TGA (atas)	%FFA MET+FFA (bawah)
1	3:1	4:1	1,12	1,26
2	3:1	5:1	1,02	1,22
3	3:1	6:1	1,38	2,86
4	4:1	4:1	1,78	1,8
5	4:1	5:1	1,71	1,75
6	4:1	6:1	1,42	1,54

Dalam proses *liquid-liquid extraction*, akan terbentuk dua lapisan, yaitu lapisan yang mengandung senyawa polar dan non polar. Solvent yang biasanya digunakan adalah Petroleum Ether atau n-heksan untuk mengikat senyawa non polar dan methanol untuk mengikat senyawa polar. Pemilihan solvent ini berdasarkan dengan *polarity index* (Gunawan, 2014). Methanol yang merupakan senyawa polar memiliki *polarity index* 5,1 sedangkan Petroleum eter yang merupakan senyawa nonpolar memiliki *polarity index* 0,1. *Solvent* Petroleum Ether akan mengikat Trigliserida (TGA) dan *solvent* methanol akan mengikat *Free Fatty Acid* (FFA).



Hasil %FFA pada lapisan atas (PE+TGA) dapat digambarkan pada **Grafik 4.1** berikut :



**Grafik 4.1** Grafik % FFA Lapisan Atas (PE+TGA) pada Variabel *Solvent* 3:1 dan 4:1

Pada **Grafik 4.1** dapat dilihat bahwa variabel *solvent* 3:1 memiliki kandungan %FFA lebih rendah dibandingkan variabel *solvent* 4:1. Hal ini dapat dilihat dari hasil %FFA pada variabel *solvent* PE:MET 3:1 dan *solvent*:minyak 4:1; 5:1; 6:1 berturut-turut sebesar 1,12%; 1,02% dan 1,38%. Sedangkan hasil %FFA pada variabel *solvent* PE:MET 4:1 dan *solvent*:minyak 4:1; 5:1; 6:1 berturut-turut sebesar 1,78%; 1,71% dan 1,42%.

Dari hasil yang ditunjukkan pada grafik PE:MET (3:1) dengan rasio *solvent* terhadap minyak sebesar 5 yang memiliki hasil yang paling optimum dengan % FFA terendah. Hal ini dikarenakan fraksi non pol ar dari konsentrasi 3:1 lebih bagus dibandingkan dengan konsentrasi 4:1 karena TGA cenderung bersifat non pol ar sehingga dengan konsentrasi *solvent* non polar:polar 3:1 menyebabkan TGA lebih banyak terikat dalam *solvent* non polarnya (Gunawan, 2014).



Pada proses *liquid-liquid extraction* akan menghasilkan 2 lapisan, yaitu minyak dari lapisan atas dan minyak dari lapisan bawah. Dari data pada **Tabel 4.2** %FFA pada lapisan atas maupun lapisan bawah sudah memenuhi standart untuk dilanjutkan ke proses transesterifikasi, karena %FFA nya sudah dibawah 2%. Transesterifikasi adalah proses pembentukan metil ester dengan syarat minyak harus memiliki kadar FFA rendah (sekitar 2%) (Erliza Hambali, 2007). Minyak yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah minyak dari lapisan atas, dimana minyak pada lapisan atas memiliki kandungan Trigliserida (TGA) lebih besar. Hal ini dapat dilihat pada hasil analisa proses *liquid-liquid extraction* dengan %FFA terendah pada variabel *solvent* 3:1 dan variabel *solvent*:minyak 5:1 memiliki kandungan Trigliserida (TGA) pada lapisan atas yaitu sebesar 91,82%. Sedangkan kandungan Trigliserida (TGA) pada lapisan bawah yaitu hanya 89,50%. Sehingga minyak yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah minyak pada lapisan atas dengan variabel *solvent* 3:1 dan variabel *solvent*:minyak 5:1.

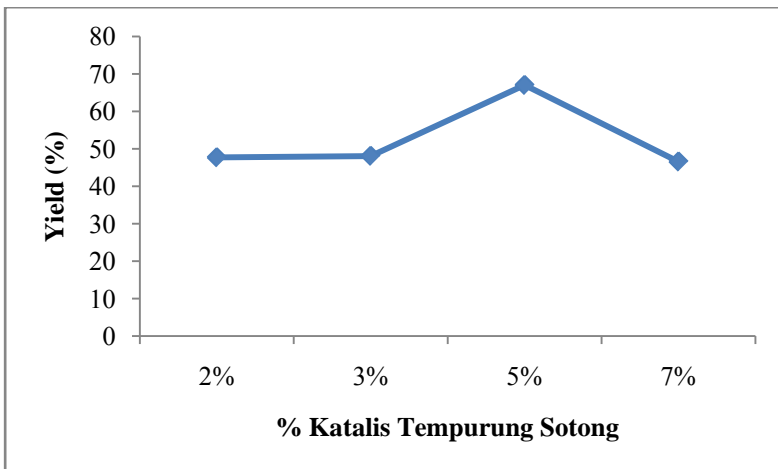
Pada proses transesterifikasi untuk membentuk metil ester (biodiesel) membutuhkan bantuan katalis, dimana katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah katalis CaO yang sudah dikalsinasi dari tempurung sotong yang mengandung  $\text{CaCO}_3$  sebesar 93,49%. Sisa kandungan mineral dari tempurung sotong adalah sodium klorida, kalsium fosfat dan garam magnesium. Keefektifan katalis tempurung sotong dapat dilakukan dengan cara melarutkan katalis tersebut pada air dan mengukur pH nya. Katalis tempurung sotong memiliki pH 12,46 (basa) karena banyak CaO yang terlarut dalam air. Hal ini membuktikan bahwa CaO sudah terbentuk dan menghasilkan larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dalam air (Mahreni, 2011). Variabel penambahan katalis pada penelitian ini adalah 2%, 3% 5% dan 7 % dari berat minyak.



Penambahan kadar katalis yang berbeda dapat berpengaruh pada *yield* biodiesel yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada **Tabel 4.3** dan **Grafik 4.2** berikut :

**Tabel 4.3** Hasil *Yield* Transesterifikasi Biodiesel

Katalis Tempurung Sotong	Yield Transesterifikasi Biodiesel
2 %	47,73 %
3 %	48,11%
5 %	67,05 %
7 %	46,59 %



**Grafik 4.2** Hubungan antara %Katalis terhadap *Yield* Transesterifikasi Biodiesel

Berdasarkan **Grafik 4.2** dapat dilihat bahwa pada variabel katalis 2%, 3%, 5%, 7% memiliki *yield* transesterifikasi biodiesel berturut-turut sebesar 47,73 %, 48,11 %, 67,05 % dan 46,59 %. Semakin besar penambahan %katalis maka biodiesel yang dihasilkan juga semakin banyak. Pada penambahan katalis 2% sampai 5% nilai *yield* meningkat, tetapi pada penambahan katalis 7 % nilai *yield* berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa



kenaikan katalis akan menaikkan *yield* hingga suatu titik dimana penambahan katalis justru akan menurunkan nilai *yield*. Hal tersebut dikarenakan pada konsentrasi katalis yang melebihi kadar optimum akan meningkatkan pembentukan sabun sehingga menyebabkan *yield* berkurang (Muhammad, 2014). Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada penambahan katalis sebesar 5% adalah hasil yang paling optimum dengan nilai *yield* terbesar.

Setelah didapatkan biodiesel dari biji nyamplung, maka kami melakukan analisa terhadap biodiesel berupa densitas, viskositas, *cloud point*, *flash point*, angka asam, angka setana, serta kadar metil ester. Hasil analisa tersebut dibandingkan dengan SNI Biodiesel No. 04-7182-2006. Hasil analisa biodiesel dari biji nyamplung dapat dilihat pada **Tabel 4.4** berikut :

**Tabel 4.4** Hasil Analisa Biodiesel

Analisa	Katalis Tempurung sotong	Hasil Analisa	SNI 04-7182-2006
Densitas pada suhu 40°C	2 %	860 kg/m <sup>3</sup>	850-890 (kg/m <sup>3</sup> )
	3 %	860 kg/m <sup>3</sup>	
	5 %	880 kg/m <sup>3</sup>	
Viskositas Kinematik	2 %	3,57 mm <sup>2</sup> /s	2,3 – 6,0 (mm <sup>2</sup> /s)
	3 %	3,60 mm <sup>2</sup> /s	
	5 %	3,97 mm <sup>2</sup> /s	
<i>Flash Point</i>	2 %	105 °C	Min. 100 °C
	3 %	117 °C	
	5 %	130 °C	
<i>Cloud Point</i>	2 %	11 °C	Max. 18 °C
	3 %	14 °C	
	5 %	13 °C	
Angka asam	2 %	0,65 mg KOH/g	Maks. 0,8 mg KOH/g
	3 %	0,63 mg KOH/g	
	5 %	0,68 mg KOH/g	
Angka Setana	2 %	40,5	Min. 51
	3 %	41,8	
	5 %	47,9	



*BAB IV Hasil Penelitian dan Pembahasan*

Analisa	Katalis Tempurung sotong	Hasil Analisa	SNI 04-7182-2006
Kadar metil ester	2 %	63,6 %	Min 96,5 %
	3 %	64,8 %	
	5 %	69,2 %	

Berdasarkan **Tabel 4.4** dapat dilihat bahwa densitas pada semua variabel katalis sesuai dengan SNI 04-7182-2006 yaitu rentang antara 850-860 kg/m<sup>3</sup>. Nilai densitas biodiesel pada penambahan katalis 2%, 3 %, 5 % adalah 860 kg/m<sup>3</sup>, 860 kg/m<sup>3</sup>, dan 880 kg/m<sup>3</sup>. Densitas berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel. Densitas yang rendah akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi, dan begitu pula sebaliknya (Natalia Christina, 2012).

Viskositas biodiesel memiliki peranan yang penting dalam proses penginjeksian bahan bakar. Viskositas yang terlalu rendah dapat mengakibatkan kebocoran pada pompa injeksi bahan bakar sedangkan viskositas yang terlalu tinggi akan mengakibatkan bahan bakar teratomisasi menjadi tetesan yang besar, sehingga pompa penginjeksian tidak dapat melakukan pengkabutan dengan baik (Natalia Christina, 2012). Nilai viskositas kinematik pada penambahan katalis 2%, 3 % dan 5% berturut-turut adalah 3,57 mm<sup>2</sup>/s; 3,60 mm<sup>2</sup>/s dan 3,97 mm<sup>2</sup>/s. Nilai viskositas kinematik pada semua variabel katalis sesuai dengan SNI 04-7182-2006 yaitu rentang antara 2,3-6 mm<sup>2</sup>/s.

*Flash Point* (titik nyala) adalah temperatur terendah di mana bahan bakar dapat menyala ketika bereaksi dengan udara. *Flash point* yang terlampaui tinggi menyebabkan keterlambatan penyalaan, sementara titik nyala yang terlalu rendah menyebabkan ledakan kecil sebelum bahan bakar masuk ruang bakar. Semakin tinggi *flash point* dari suatu bahan bakar maka semakin aman penanganan dan penyimpanan (Natalia Christina, 2012). Nilai *flash point* pada penambahan katalis 2%, 3 % dan 5% berturut-turut adalah 105°C; 117°C dan 130°C. Nilai *flash point* pada semua variabel katalis sesuai dengan SNI 04-7182-2006





yaitu minimal 100°C.

*Cloud point* adalah temperatur pada saat bahan bakar mulai tampak berawan dengan munculnya butir-butir padatan di dalam bahan bakar. Meskipun bahan bakar masih bisa mengalir pada titik ini, keberadaan titik-titik padatan di dalam bahan bakar bisa mempengaruhi kelancaran aliran bahan bakar di dalam filter, pompa maupun injektor. Nilai *cloud point* pada penambahan katalis 2%, 3 % dan 5% berturut-turut adalah 11°C; 14°C dan 13°C. Nilai *cloud point* pada semua variabel katalis sesuai dengan SNI 04-7182-2006 yaitu maksimal 18°C. Penentuan nilai *cloud point* berkaitan dengan nilai *pour point* serta *freezing point*. *Pour point* merupakan salah satu sifat bahan bakar yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar, dimana minyak tersebut masih dapat mengalir karena beratnya sendiri. *Pour point* sangat penting karena menyangkut kemampuan dari bahan bakar untuk dapat mengalir dalam saluran pembakaran dan dalam hubungannya dengan waktu penyalaan mesin pada musim dingin (Prastyanto, 2012).

Angka asam dalam biodiesel menunjukkan kandungan asam lemak bebas yang terkandung didalamnya. Angka asam yang tinggi dapat menyebabkan endapan dalam sistem bakar. Semakin tinggi angka asam maka semakin rendah kualitas biodieselnnya. Angka asam yang tinggi dapat menyebabkan korosi pada media serta mengurangi umur dari pompa dan filter (Dyah, 2011). Nilai angka asam pada penambahan katalis 2%, 3 % dan 5% berturut-turut adalah 0,65 mg KOH/g; 0,63 mg KOH/g dan 0,68 mg KOH/g. Nilai angka asam pada semua variabel katalis sesuai dengan SNI 04-7182-2006 yaitu maksimal 0,8 mg KOH/g.

Angka setana menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala sendiri (*autoignition*). Semakin tinggi angka setana maka semakin mudah bahan bakar tersebut terbakar dan semakin aman emisi gas buangnya karena bahan bakar dapat terbakar dengan sempurna (Natalia Christina, 2012). Nilai angka setana pada penambahan katalis 2%, 3 % dan 5% berturut-turut adalah 40,5; 41,8 dan 47,9. Nilai angka setana pada semua



variabel katalis tidak sesuai dengan SNI 04-7182-2006 yaitu minimal 51. Akan tetapi, menurut Sudjatmiko (2013), Biodiesel yang berasal dari sumber minyak nabati biasanya memiliki nilai angka setana sebesar 46-52.

Analisis kandungan metil ester dilakukan untuk mengetahui berapa persen kandungan asam lemak yang terkonversi menjadi metil ester (Natalia Christina, 2012). Nilai kadar metil ester pada penambahan katalis 2%, 3 % dan 5% berturut-turut adalah 63,6; 64,8 dan 69,2. Nilai kadar metil ester pada semua variabel katalis tidak sesuai dengan SNI 04-7182-2006 yaitu minimal 96,5 %. Hal ini dapat disebabkan karena masih adanya kadar gliserol yang terdapat dalam biodiesel. Kemurnian biodiesel dapat dipengaruhi oleh konsentrasi katalis, rasio molar alkohol dan minyak, serta suhu transesterifikasi (Vicente *et al.* 2007).

Dari analisa yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah katalis maka hasil analisa cenderung naik dan masih berada pada rentang yang dianjurkan oleh SNI 04-7182-2006. Pada penelitian ini, hasil biodiesel yang paling optimum adalah biodiesel dengan penambahan katalis sebesar 5% dengan *yield* transesterifikasi sebesar 67,05 %, nilai densitas pada suhu 40°C sebesar 880 kg/m<sup>3</sup>, nilai viskositas kinematik sebesar 3,97 mm<sup>2</sup>/s, nilai *flash point* sebesar 130°C, nilai *cloud point* sebesar 13°C, nilai angka asam sebesar 0,68 mg KOH/g, nilai angka setana 47,9 dan kadar metil ester 69,2 %.

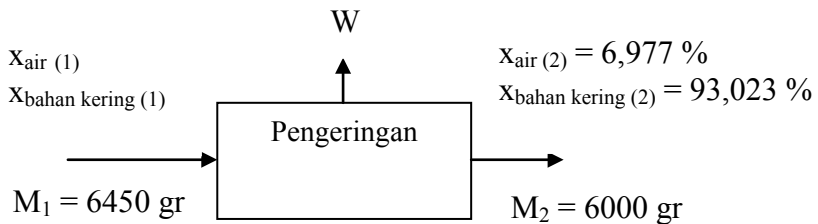
## BAB V

### NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

#### V.1 Neraca Massa

##### V.1.1 Neraca Massa pada Proses Pengeringan Biji Nyamplung

$W_{\text{biji+tempurung}}$  : 14130 gr  
 $W_{\text{biji basah}}$  : 6450 gr  
 $W_{\text{biji kering}}$  : 6000 gr  
 $V_{\text{minyak nyamplung}}$  : 5075 ml  
 $\rho_{\text{minyak nyamplung}}$  : 0,9 gr/cm<sup>3</sup>  
 Kadar air : 6,977 %

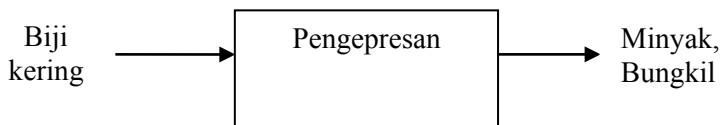


**Tabel 5.1** Neraca Massa Pengeringan Biji Nyamplung

Bahan Masuk (M <sub>1</sub> )	Massa (gr)	Bahan Keluar (M <sub>2</sub> )	Massa (gr)
Air	868,815	Air	418,62
Bahan	5581,185	Bahan	5581,38
		Uap air (W)	450
<b>TOTAL</b>	<b>6450</b>	<b>TOTAL</b>	<b>6450</b>



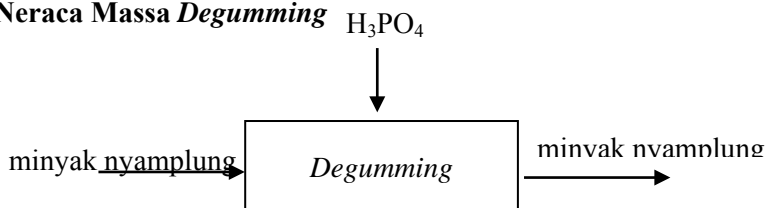
### V.1.2 Neraca Massa pada Proses Pengepresan



**Tabel 5.2** Neraca Massa Pengeringan

Bahan Masuk (M <sub>1</sub> )	Massa (gr)	Bahan Keluar (M <sub>2</sub> )	Massa (gr)
Biji kering	6000	Minyak	4567,5
		Bungkil	1432,5
<b>TOTAL</b>	<b>6000</b>	<b>TOTAL</b>	<b>6000</b>

### V.1.3 Neraca Massa *Degumming*



**Tabel 5.3** Komposisi FFA minyak nyamplung :

FFA	% Berat
Palmitic, C16:0	13,66
Palmitoleic, C16:1	0,24
Heptadecanoic, C17:0	0,15
Heptadecenoic, C17:1	0,06
Stearic, C18:0	16,55
Oleic, C18:1	42,48
Linoleic, C18:2	25,56
Linolenic, C18:3	0,20
Arachidic, C20:0	0,87
Arachidonic, C20:1	0,23

(J.Brown, 2014).

**Tabel 5.4** Hasil analisa komposisi minyak nyamplung sebelum dan setelah *degumming*

Analisa	Sebelum <i>degumming</i>	Setelah <i>degumming</i>
% FFA	4,1	3,65
% TGA	82,81	93,19
% <i>Gum</i>	7,38	0,16
% <i>Impurities</i>	1,82	0,94
% Air	3,87	2,05

**Tabel 5.5** Perhitungan Massa Minyak Nyamplung

Hasil	Sebelum <i>degumming</i>	Sesudah <i>degumming</i>
Volume minyak nyamplung (ml)	1500	1470
Densitas minyak nyamplung (g/cm <sup>3</sup> )	0,968	0,920
Massa minyak nyamplung (g)	1452,79	1352,46

**Tabel 5.6** Neraca Massa Proses *Degumming*

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (gr)	Komponen	Massa (gr)
<b>FFA:</b>		<b>FFA:</b>	
Asam palmitoleat	0,143	Asam palmitoleat	0,118
asam palmitat	8,136	asam palmitat	6,743
asam stearat	9,858	asam stearat	8,170
asam oleat	25,303	asam oleat	20,970
asam linoleat	15,225	asam linoleat	12,618
asam linolenat	0,119	asam linolenat	0,099
asam arachidat	0,518	asam arachidat	0,429
asam arachidonat	0,137	asam arachidonat	0,114
Heptadecanoat	0,089	Heptadecanoat	0,074



Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (gr)	Komponen	
Heptadecenoat	0,036	Heptadecenoat	0,030
<b>Trigliserida:</b>		<b>Trigliserida:</b>	
Tripalmitolein	2,887	Tripalmitolein	3,025
Tripalmitin	164,337	Tripalmitin	172,165
Tristearin	199,106	Tristearin	208,589
Triolein	511,058	Triolein	535,400
Trilinolein	307,501	Trilinolein	322,147
Trilinolenein	2,406	Trilinolenein	2,521
Triarachidin	10,467	Triarachidin	10,965
Triarachidonein	2,767	Triarachidonein	2,899
triheptadecanoin	1,805	triheptadecanoin	1,891
triheptadecenoin	0,722	triheptadecenoin	0,756
Gum	107,216	Gum	2,164
Impurities	26,441	Impurities	12,713
Air	56,223	Air	27,725
<b>Others</b>	0,291	others	0,135
<b>Asam Phosphat</b>	29,292	<b>gum phosphat</b>	122,655
<b>Air dari asam phosphat</b>	3,255	<b>Air hasil reaksi</b>	10,221
<b>TOTAL</b>	<b>1485,337</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1485,337</b>

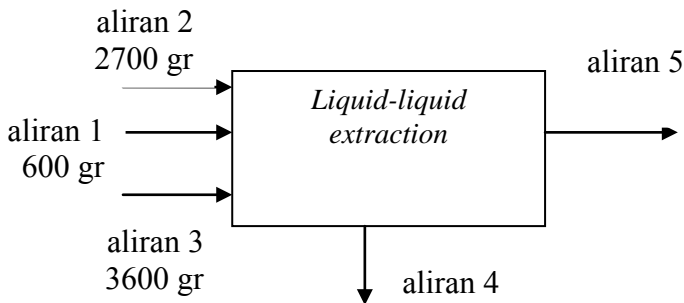
**V.1.4 Neraca Massa *Centrifuge*****Tabel 5.7** Neraca Massa *Centrifuge*

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (gr)	Komponen	Massa (gr)
<b>FFA:</b>		<b>FFA:</b>	
Asam palmitoleat	0,118	Asam palmitoleat	0,118
asam palmitat	6,743	asam palmitat	6,743
asam stearat	8,170	asam stearat	8,170
asam oleat	20,970	asam oleat	20,970
asam linoleat	12,618	asam linoleat	12,618
asam linolenat	0,099	asam linolenat	0,099
asam arachidat	0,429	asam arachidat	0,429
asam arachidonat	0,114	asam arachidonat	0,114
heptadecanoat	0,074	Heptadecanoat	0,074
heptadecenoat	0,030	Heptadecenoat	0,030
<b>Trigliserida:</b>		<b>Trigliserida:</b>	
tripalmitolein	3,025	Tripalmitolein	3,025
tripalmitin	172,165	Tripalmitin	172,165
tristearin	208,589	Tristearin	208,589
triolein	535,400	Triolein	535,400
trilinolein	322,147	Trilinolein	322,147
trilinolenein	2,521	Trilinolenein	2,521
Triarachidin	10,965	Triarachidin	10,965
triarachidonein	2,899	Triarachidonein	2,899
triheptadecanoin	1,891	triheptadecanoin	1,891
htriheptadecenoin	0,756	triheptadecenoin	0,756



Masuk		Keluar	
Massa (gr)	Komponen	Massa (gr)	
Gum	2,164	Gum	2,164
Impurities	12,713	Impurities	12,71256
Air	27,725	Air	27,7242
others	0,135	endapan	133,012
gum phosphat	122,655		
Air hasil reaksi	10,221		
<b>TOTAL</b>	<b>1485,337</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1485,337</b>

### V.1.5 Neraca Massa *Liquid-liquid extraction*



Massa aliran 4 = 3757 gram

Massa aliran 5 = 3076 gram



**Tabel 5.8** Neraca massa *liquid-liquid extraction* :

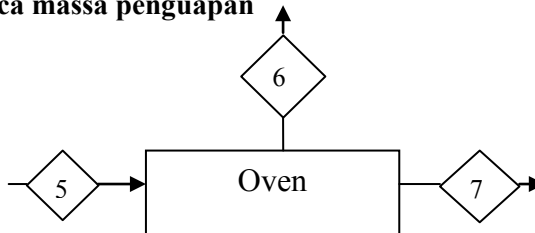
Aliran masuk	Massa (g)	Aliran keluar	Massa (g)
Aliran 1		Aliran 4	
<b>FFA</b>	21,9	Methanol	3401,92
As. Palmitat	2,99	<b>FFA</b>	48,18
As. Palmitoleat	0,05	As. Palmitat	6,581891
As. Heptadecanoat	0,03	As. Palmitoleat	0,115641
As. Heptadecanoat	0,01	As. Heptadecanoat	0,072276
As. Stearat	3,62	As. Heptadecanoat	0,02891
As. Oleat	9,30	As. Stearat	7,9744
As. Linoleat	5,60	As. Oleat	20,46843
As. Linolenat	0,04	As. Linoleat	12,31575
As. Arachidat	0,19	As. Linolenat	0,096367
As. Arachidonat	0,05	As. Arachidat	0,419198
<b>TGA</b>	559,14	As. Arachidonat	0,11
Tripalmitin	76,38	<b>TGA</b>	199,62
Tripalmitolein	1,34	Tripalmitin	27,27
Triheptadecanoin	0,84	Tripalmitolein	0,48
Triheptadecanoin	0,34	Triheptadecanoin	0,30
Tristearin	92,54	Triheptadecanoin	0,12
Triolein	237,52	Tristearin	33,04
Trilinolein	142,92	Triolein	84,80
Trilinolenin	1,12	Trilinolein	51,02
Triarachidin	4,86	Trilinolenin	0,40
Triarachidonin	1,29	Triarachidin	1,74
Lain-lain	18,96	Triarachidonin	0,46
<b>Aliran 2</b>		lain-lain	174,38
Petroleum eter	2700	<b>Aliran 5</b>	
		Petroleum eter	2693,25


*BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas*

<b>Aliran 3</b>			
Methanol	3594,6	<b>FFA</b>	28,30
lain-lain	5,4	As. Palmitat	3,87
		As. Palmitoleat	0,067916
		As. Heptadecanoat	0,042447
		As. Heptadecanoat	0,016979
		As. Stearat	4,683352
		As. Oleat	12,02108
		As. Linoleat	7,23302
		As. Linolenat	0,056596
		As. Arachidat	0,246194
		As. Arachidonat	0,065086
		<b>TGA</b>	241,77
		Tripalmitin	33,03
		Tripalmitolein	0,58
		Triheptadecanoin	0,36
		Triheptadecanoin	0,15
		Tristearin	40,01
		Triolein	102,70
		Trilinolein	61,80
		Trilinolenin	0,48
		Triarachidin	2,10
		Triarachidonin	0,56
		Lain-lain	112,58
<b>TOTAL</b>	<b>6900</b>	<b>TOTAL</b>	<b>6900</b>



### V.1.6 Neraca massa penguapan



**Tabel 5.9** Neraca Massa Penguapan

INPUT		OUTPUT	
Aliran 5		Aliran 6	
<b>Petroleum eter</b>	<b>2693,251</b>	<b>Petroleum eter</b>	<b>2683,153</b>
<b>FFA</b>	<b>28,298</b>	<b>FFA</b>	<b>24,779</b>
As. Palmitat	3,866	As. Palmitat	3,385
As. Palmitoleat	0,068	As. Palmitoleat	0,059
As. Heptadecanoat	0,042	As. Heptadecanoat	0,037
As. Heptadecanoat	0,017	As. Heptadecanoat	0,015
As. Stearat	4,683	As. Stearat	4,101
As. Oleat	12,021	As. Oleat	10,526
As. Linoleat	7,233	As. Linoleat	6,334
As. Linolenat	0,057	As. Linolenat	0,050
As. Arachidat	0,246	As. Arachidat	0,216
As. Arachidonat	0,065	As. Arachidonat	0,057
<b>TGA</b>	<b>241,765</b>	<b>TGA</b>	<b>0,586</b>
Tripalmitin	33,025	Tripalmitin	0,080
Tripalmitolein	0,580	Tripalmitolein	0,0014
Triheptadecanoin	0,363	Triheptadecanoin	0,0009
Triheptadecanoin	0,145	Triheptadecanoin	0,0004
Tristearin	40,012	Tristearin	0,097
Triolein	102,702	Triolein	0,249
Trilinolein	61,795	Trilinolein	0,150



*BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas*

<b>TGA</b>		<b>TGA</b>	
Trilinolenin	0,484	Trilinolenin	0,001
Triarachidin	2,103	Triarachidin	0,005
Triarachidonin	0,556	Triarachidonin	0,001
<b>Lain-lain</b>	<b>112,578</b>	<b>Lain-lain</b>	<b>112,374</b>
		<b>Aliran 7</b>	
		<b>Petroleum eter</b>	<b>10,098</b>
		<b>FFA</b>	<b>3,519</b>
		As. Palmitat	0,481
		As. Palmitoleat	0,008
		As. Heptadecanoat	0,005
		As. Heptadecanoat	0,002
		As. Stearat	0,582
		As. Oleat	1,495
		As. Linoleat	0,899
		As. Linolenat	0,007
		As. Arachidat	0,031
		As. Arachidonat	0,008
		<b>TGA</b>	<b>241,179</b>
		Tripalmitin	32,945
		Tripalmitolein	0,579
		Triheptadecanoin	0,362
		Triheptadecanoin	0,145
		Tristearin	39,915
		Triolein	102,453
		Trilinolein	61,645
		Trilinolenin	0,482
		Triarachidin	2,098
		Triarachidonin	0,555

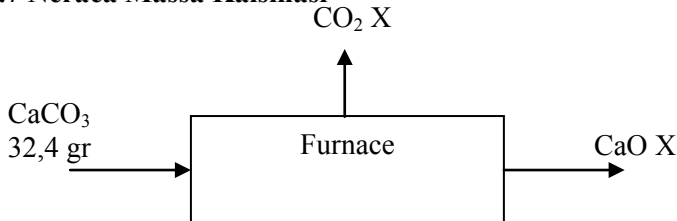
*Pembuatan Biodiesel dari Biji Nyamplung  
(Callophyllum Inophyllum) dengan Proses Liquid-  
Liquid Extraction dan Transesterifikasi  
menggunakan Katalis Tempurung Sotong*

*Program Studi  
DIII Teknik Kimia FTI-ITS*



INPUT		OUTPUT	
		Lain-lain	0,204
<b>Total</b>	<b>3075,891</b>	<b>Total</b>	<b>3075,891</b>

### V.1.7 Neraca Massa Kalsinasi

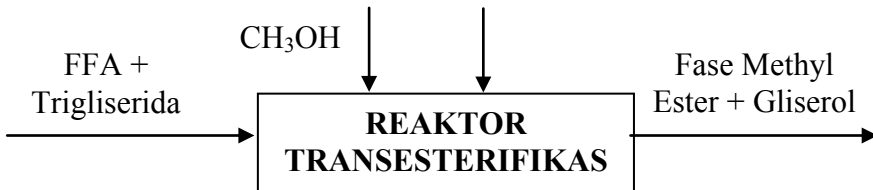


**Tabel 5.10** Neraca Massa Furnace

Komposisi	Massa Masuk (gr)	Massa Keluar (gr)
CaCO <sub>3</sub>	32,4	1,620
CaO	0	17,237
CO <sub>2</sub>	0	13,543
<b>Total</b>	<b>32,4</b>	<b>32,4</b>



### V.1.8 Neraca Massa Transesterifikasi



**Tabel 5.11** Neraca Massa Transesterifikasi

Komponen	Masuk	Komponen	Keluar
<b>TGS</b>	49,9382	<b>Methyl Ester</b>	47,6509
Tripalmitiat	0,1199	Palmitiat	0,1144
Tripalmitoleat	6,8216	palmitoleat	6,5091
Triheptadekanoic	8,2648	heptadekanoic	7,8862
Triheptadekanoic	21,2138	heptadekanoic	20,2421
Tristearat	12,7642	Stearate	12,1796
Trioleat	0,0999	Oleat	0,0953
Trilinoleat	0,4345	Linoleat	0,4146
Trilinolenat	0,1149	Linolenat	0,1096
Triarachidat	0,0749	arachidat	0,0715
Trioarachidonic	0,0300	arachidonic	0,0286
<b>FFA</b>	0,4858	<b>TGA sisa</b>	2,4969
Palmitiat	0,0012	<b>Soap Stock</b>	0,5539
palmitoleat	0,0664	Palmitiat	0,0013
heptadekanoic	0,0804	Palmitoleat	0,0765
heptadekanoic	0,2064	Heptadekanoic	0,0914
stearat	0,1242	heptadekanoic	0,2349
oleat	0,0010	Stearate	0,1415
linoleat	0,0042	Oleat	0,0011



*BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas*

<b>Komponen</b>	<b>Masuk</b>	<b>Komponen</b>	<b>Keluar</b>
linolenat	0,0011	Linoleat	0,0048
arachidat	0,0007	Linolenat	0,0013
arachidonic	0,0003	Arachidat	0,0008
Lain-lain	1,5998	Arachidonic	0,0003
Air sisa	0,5333	Air	1,3819
Ca(OCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4,8086	Gliserol	5,0026
CH <sub>3</sub> OH	95,1661	Metoksidasisa	4,6304
Air	0,8486	Metanol sisa	90,0018
		lain-lain	1,5998
<b>Total</b>	<b>153,38</b>		<b>153,32</b>

**V.1.9 Neraca Massa Pencucian****Tabel 5.12** Neraca Massa Pencucian

INPUT		OUTPUT	
Komponen	Massa (g)	Komponen	Massa (g)
<b>Aliran 1</b>		<b>Aliran 3</b>	
<b>Methyl ester</b>	47,65	<b>Metyl ester</b>	24,1883
Methyl palmitat	0,11	Methyl palmitat	3,3041
Methyl Palmitoleat	6,51	Methyl Palmitoleat	0,0581
Methyl heptadecanoat	7,89	Methyl heptadecanoat	0,0363
Methyl heptadecenoat	20,24	Methyl heptadecenoat	0,0145
Methyl stearat	12,18	Methyl stearat	4,0032
Methyl Oleat	0,10	Methyl Oleat	10,2752
Methyl linoleat	0,41	Methyl linoleat	6,1825
Methyl linolenat	0,11	Methyl linolenat	0,0484
Methyl arachidat	0,07	Methyl arachidat	0,2104
Methyl arachidonat	0,03	Methyl arachidonat	0,0556
<b>TGA sisa</b>	2,50	<b>TGA sisa</b>	2,4969
Tripalmitin	0,3411	Tripalmitin	0,3411
Tripalmitolein	0,0060	Tripalmitolein	0,0060
Triheptadecanoin	0,0037	Triheptadecanoin	0,0037
Triheptadecanoin	0,0015	Triheptadecanoin	0,0015
Tristearin	0,4132	Tristearin	0,4132
Triolein	1,0607	Triolein	1,0607
Trilinolein	0,6382	Trilinolein	0,6382
Trilinolenin	0,0050	Trilinolenin	0,0050
Triarachidin	0,0217	Triarachidin	0,0217
Triarachidonin	0,0057	Triarachidonin	0,0057
<b>Soap Stock</b>	0,5539	<b>Lain-lain</b>	1,5998
Calcium palmitat	0,0013	<b>Air</b>	6,9700
Calcium palmitoleat	0,0765	<b>Aliran 4</b>	
Calcium heptadecanoat	0,0914	<b>Metyl ester</b>	23,4627
Calcium heptadecenoat	0,2349	Methyl palmitat	3,2050
Calcium stearat	0,1415	Methyl Palmitoleat	0,0563
Calcium oleat	0,0011	Methyl heptadecanoat	0,0352



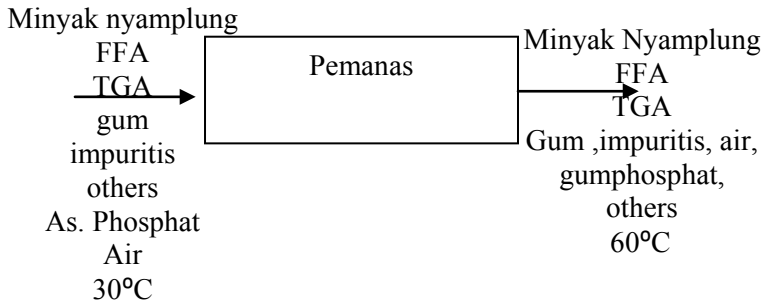


Calsium linoleat	0,0048	Methyl heptadecenoat	0,0141
Calsium linolenat	0,0013	Methyl stearat	3,8831
Calsium arachidat	0,0008	Methyl Oleat	9,9669
Calsium arachidonat	0,0003	Methyl linoleat	5,9971
<b>Air</b>	1,3819	Methyl linolenat	0,0469
<b>gliserol</b>	5,0026	Methyl arachidat	0,2041
<b>Ca(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub></b>	4,6304	Methyl arachidonat	0,0540
<b>Metanol sisa</b>	90,0018	<b>Soap Stock</b>	0,5539
<b>lain-lain</b>	1,5998	Calsium palmitat	0,0013
<b>Aliran 2</b>		Calsium palmitoleat	0,0765
<b>Air</b>	59,0000	Calsium heptadecanoat	0,0914
		Calsium heptadecenoat	0,2349
		Calsium stearat	0,1415
		Calsium oleat	0,0011
		Calsium linoleat	0,0048
		Calsium linolenat	0,0013
		Calsium arachidat	0,0008
		Calsium arachidonat	0,0003
		<b>Air</b>	<b>53,4119</b>
		<b>gliserol</b>	<b>5,0026</b>
		<b>Ca(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub></b>	<b>4,6304</b>
		<b>Metanol sisa</b>	<b>90,0018</b>
<b>Total</b>	<b>212,3183</b>		<b>212,3183</b>



## V.2 Neraca Panas

### V.2.1 Neraca Panas Proses Degumming



Berdasarkan Hougen, hal, 331 dan hal, 348, diperoleh rumus :

$$\Delta H_{f25} = \Delta H_{f\text{Produk}} - \Delta H_{f\text{Reaktan}}$$

$$\Delta H_r = \Delta H_{f25} + \sum H_P - \sum H_R$$

$$T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C}$$

**Tabel 5.13** Perhitungan Entalphy Pembentukan ( $\Delta H_f$ ) Gum Fosfat

Komponen	Koefisien	G mol	$\Delta H_f$ (kcal/mol)	H (kcal)
Fosfolipid	-1	0,14489	27319	3958,25
as.fosfat	-2	0,28392	-104,57	-29,68951
gum fosfat	1	0,14196	29132	4135,579
H <sub>2</sub> O	4	0,180816	-68,32	-12,35337
<b>Total</b>				8051,786

**Tabel 5.14** Perhitungan Entalphy Reaktan ( $\Delta H_R$ ) ( $T_{ref}=25^\circ\text{C}$ )

Komponen	Massa (kg)	T ( $^\circ\text{C}$ )	$\Delta T$ ( $^\circ\text{C}$ )	Cp (kcal/kg $^\circ\text{C}$ )	H (kcal)
Fosfolipid	0,107216	30	5	0,6841	0,366731993
As.fosfat	0,029292	30	5	0,45	0,06590745
$\Delta H_R$					0,432639443

**Tabel 5.15** Perhitungan Entalphy Produk ( $\Delta H_P$ ) ( $T_{ref}=25^\circ\text{C}$ )

Komponen	Massa (kg)	T ( $^\circ\text{C}$ )	$\Delta T$ ( $^\circ\text{C}$ )	Cp (kcal/kg $^\circ\text{C}$ )	H (kcal)
gum fosfat	0,12265	60	35	0,6841	2,936670275
H <sub>2</sub> O	0,010221	60	35	1,0001	0,357780574
$\Delta H_P$					3,294450849

Enthalpy reaksi untuk Gum Fosfat:

$$\begin{aligned}
 \Delta H_r &= \Delta H_{f25} + \Sigma H_P - \Sigma H_R \\
 &= 8051,786 + 3,294450849 - 0,432639443 \\
 &= 8054,648 \text{ kcal} \\
 &= 8054,648 \times 4184 \\
 &= 33700645 \text{ J}
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.16** Perhitungan Panas Tiap Komponen

Komponen masuk	H <sub>1</sub> (J)	Komponen keluar	H <sub>2</sub> (J)
FFA		FFA	
asam palmitoleic	316,813	asam palmitoleic	1837,942
asam palmitat	18816,301	asam palmitat	109159,840
asam stearat	25440,213	asam stearat	147587,431
asam oleat	62859,919	asam oleat	364672,030

*BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas*

<b>Komponen masuk</b>	<b>H<sub>1</sub>(J)</b>	<b>Komponen keluar</b>	<b>H<sub>2</sub> (J)</b>
<b>FFA</b>		<b>FFA</b>	
asam linoleat	36354,847	asam linoleat	210906,979
asam linolenat	272,983	asam linolenat	1583,667
asam arachidat	1476,278	asam arachidat	8564,398
asam arachidonic	377,074	asam arachidonic	2187,536
heptadecanoid	218,599	heptadecanoid	1268,165
heptadecenoid	83,994	heptadecenoid	487,280
<b>TGA</b>		<b>TGA</b>	
tripalmitolein	6997,567	tripalmitolein	51316,053
tripalmitin	1174537,045	tripalmitin	8613365,448
tristearin	1583176,968	tristearin	11610090,843
triolein	3915850,012	triolein	28716546,086
trilinolein	2267218,354	trilinolein	16626448,957
trilinolenein	17044,520	trilinolenein	124994,508
triarachinein	91643,017	triarachinein	672056,109
triarachidonein	21026,588	triarachidonein	154196,659
triheptadecanoid	13623,294	triheptadecanoid	99905,243
triheptadecenoid	5240,565	triheptadecenoid	38431,227



Komponen masuk	H <sub>1</sub> (J)	Komponen keluar	H <sub>2</sub> (J)
Gum	1411,941	Gum	216,782
impuritis	191,940	impuritis	646,013
air	1174,656	air	4060,518
others	6,071	others	7,665
<b>Asam Phospat</b>	<b>275,757</b>	<b>Gum Phosphat</b>	<b>12287,556</b>
<b>Air dari as.Phosphat</b>	<b>68,000</b>	<b>Air hasil reaksi</b>	<b>1496,953</b>
<b>TOTAL</b>	<b>9245703,316</b>		<b>67574321,887</b>

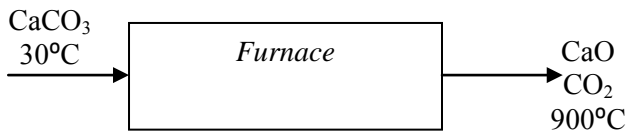
$$\begin{aligned}
 H_1 + Q_{\text{supply}} &= H_2 + \Delta H_{f_{25}} \\
 9245703,316 + Q_{\text{supply}} &= 67574321,887 + 33700645,369 \\
 Q_{\text{supply}} &= 92029263,940 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.17 Perhitungan Neraca Panas *Degumming*

Komponen	Masuk	Komponen	Keluar
H <sub>1</sub>	9245703,316	H <sub>2</sub>	67574321,887
Q <sub>supply</sub>	92029263,940	ΔH <sub>f<sub>25</sub></sub>	33700645
<b>Total</b>	<b>101274967,3</b>		<b>101274967,3</b>



### V.2.2 Neraca Panas Proses Kalsinasi



Neraca panas ini menggunakan rumus-rumus perhitungan sebagai berikut:

Persamaan untuk menghitung kapasitas panas (Himmelblau, 1989) :

1.  $C_p = a + bT + cT^2 + dT^3$
2.  $C_p = a + bT + cT^{-2}$

**Tabel 5.18** Kapasitas Panas (Himmelblau, 1989) dengan  $T_{\text{ref}} 25^\circ\text{C}$

Komponen	a	b	c	d
CaCO <sub>3</sub>	82,34	0,04975	-1287000	-
CaO	41,84	0,0203	-452000	-
CO <sub>2</sub>	36,11	0,04233	-2,9E-05	7,46E-09

**Tabel 5.19** Perhitungan Entalphy Reaksi Pembentukan (Hougen)

Komponen	$\Delta H_f$ kcal/gmol
CaCO <sub>3</sub>	-288,450
CaO	-151,900
CO <sub>2</sub>	-94,052

**Tabel 5.20** Perhitungan Entalphy bahan Masuk

Komponen	N	Cp	H <sub>1</sub>
CaCO <sub>3</sub>	0,324	257812,3	417655,96

**Tabel 5.21** Perhitungan Entalpi bahan Keluar

Komponen	N	Cp	H <sub>2</sub>
CaO	0,03087	44897,66518	1209206,4
CO <sub>2</sub>	0,03087	42447,63656	1143221
<b>Total</b>			2352427,339



Panas reaksi :

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{f_{25}} &= \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaksi}} \\
 &= (-151,900 - 94,052) - (-288,450) \\
 &= 42,498 \text{ kcal/gmol} \\
 &= 176281,7 \text{ J/gmol}
 \end{aligned}$$

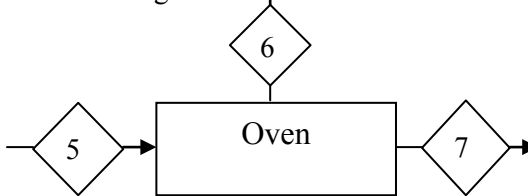
$$\begin{aligned}
 H_1 + Q_{\text{supply}} &= H_2 + Q_{\text{loss}} + \Delta H_{f_{25}} \\
 417656 + Q_{\text{supply}} &= 2352427,339 + 0,0000001 + 176281,7 \\
 0,99999 Q_{\text{supply}} &= 2111053 \\
 Q_{\text{supply}} &= 2111053
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.22** Perhitungan Neraca Panas

Komponen	Masuk (J/gmol)	Komponen	Keluar (J/gmol)
$H_1$	417656	$H_2$	2352427,339
$Q_{\text{supply}}$	2111053	$Q_{\text{loss}}$	0,0000001
		$\Delta H_{f_{25}}$	176281,7
<b>Total</b>	2528709		2528709



## V.2.3 Neraca Panas Pengovenan ↑



Tabel 5.23 Cp tiap komponen pada FFA dan TGA (Coulson,2005)

FFA	Cp (J/mol°C)	TGA	Cp (J/mol°C)
As. Palmitat	441,4	Tripalmitin	482,7
As. Palmitoleat	460,6	Tripalmitolein	1423,5
As. Heptadecanoat	514	Triheptadecanoin	1583,7
As. Heptadecanoat	494,8	Triheptadecanoin	1526,1
As. Stearat	475,6	Tristearin	1468,5
As. Oleat	456,4	Triolein	1410,9
As. Linoleat	567,4	Trilinolein	1743,9
As. Linolenat	548,2	Trilinolenin	1513,5
As. Arachidat	487,3	Triarachidin	1503,6
As. Arachidonat	468,1	Triarachidonin	1446
Petroleum eter	179,4		

Tabel 5.24 Enthalpi bahan masuk ( $T = 30^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{\text{ref}} = 25^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta T = 5^{\circ}\text{C}$ )

Komponen	Massa (kg)	N (mol)	Cp	$\Delta H_s(\text{J})$
Petroleum eter	2,69325052	31,251	179,4	28033
FFA				
As. Palmitat	0,00386553	0,0152	441,4	33,588
As. Palmitoleat	6,7916E-05	0,0003	460,6	0,611
As. Heptadecanoat	4,2447E-05	0,0001	514	0,3841
As. Heptadecanoat	1,6979E-05	6E-05	494,8	0,149
As. Stearat	0,00468335	0,0167	475,6	39,775
As. Oleat	0,01202108	0,0432	456,4	98,677





Komponen	Massa (kg)	N (mol)	Cp	$\Delta H_5(J)$
As. Linoleat	0,00723302	0,0232	567,4	65,769
As. Linolenat	5,6596E-05	0,0002	548,2	0,5004
As. Arachidat	0,00024619	0,0009	487,3	2,2217
As. Arachidonat	6,5086E-05	0,0002	468,1	0,5684
<b>TGA</b>				
Tripalmitin	0,03302511	0,0413	482,7	99,633
Tripalmitolein	0,00058024	0,0007	1423,5	5,1239
Triheptadecanoin	0,00036265	0,0004	1583,7	3,2265
Triheptadecanoin	0,00014506	0,0002	1526,1	1,2521
Tristearin	0,04001212	0,0456	1468,5	334,61
Triolein	0,1027018	0,1178	1410,9	830,86
Trilinolein	0,06179515	0,0634	1743,9	553,21
Trilinolenin	0,00048353	0,0005	1513,5	3,7801
Triarachidin	0,00210336	0,0025	1503,6	18,647
Triarachidonin	0,00055606	0,0007	1446	4,7747
<b>Lain-lain</b>	0,11257763	-	1451,8	817,23
<b>Total</b>				<b>30947</b>

**Tabel 5.25** Enthalpi Bahan yang Keluar Aliran 6 ( $T=50^{\circ}\text{C}$ ;  
 $T_{\text{ref}}=25^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ )

Komponen	Massa (kg)	N (mol)	Cp	$\Delta H_6(J)$
<b>Petroleum eter</b>	2,68315252	31,1342831	179,4	139637,26
<b>FFA</b>				
As. Palmitat	0,00338484	0,01332614	441,4	147,053924
As. Palmitoleat	5,947E-05	0,00023231	460,6	2,67499218
As. Heptadecanoat	3,7169E-05	0,00013088	514	1,68175739
As. Heptadecanoat	1,4868E-05	5,2722E-05	494,8	0,65216748
As. Stearat	0,00410096	0,01464628	475,6	174,144242
As. Oleat	0,0105262	0,03786405	456,4	432,028756
As. Linoleat	0,00633356	0,02029988	567,4	287,953853
As. Linolenat	4,9558E-05	0,00015987	548,2	2,19096096



Komponen	Massa (kg)	N (mol)	Cp	$\Delta H_6(J)$
As. Arachidat	0,00021558	0,00079844	487,3	9,72700651
As. Arachidonat	5,6992E-05	0,00021266	468,1	2,48862231
<b>TGA</b>				
Tripalmitin	8,0056E-05	0,00010007	482,7	1,20760158
Tripalmitolein	1,4066E-06	1,7451E-06	1423,5	0,06210397
Triheptadecanoin	8,791E-07	9,8775E-07	1583,7	0,03910748
Triheptadecanoin	3,5164E-07	3,9778E-07	1526,1	0,01517636
Tristearin	9,6994E-05	0,00011047	1468,5	4,05567452
Triolein	0,00024896	0,0002855	1410,9	10,0704741
Trilinolein	0,0001498	0,0001538	1743,9	6,70515979
Trilinolenin	1,1721E-06	1,2109E-06	1513,5	0,04581659
Triarachidin	5,0988E-06	6,0127E-06	1503,6	0,22601714
Triarachidonin	1,3479E-06	1,6009E-06	1446	0,05787216
<b>Lain-lain</b>	0,11237363	-	1451,8	4078,74
<b>Total</b>				<b>144799,1</b>

**Tabel 5.26** Enthalpi Bahan yang Keluar Aliran 7 ( $T=50^{\circ}\text{C}$ ;  
 $T_{\text{ref}}=25^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ )

Komponen	Massa (kg)	N (mol)	Cp	$\Delta H_7(J)$
<b>Petroleum eter</b>	0,010098	0,11717336	179,4	525,52
<b>FFA</b>				
As. Palmitat	0,0004807	0,0018925	441,4	20,884
As. Palmitoleat	8,4456E-06	3,30E-05	460,6	0,3799
As. Heptadecanoat	5,2785E-06	1,8586E-05	514	0,2388
As. Heptadecanoat	2,1114E-06	7,4872E-06	494,8	0,0926
As. Stearat	0,00058239	0,00207998	475,6	24,731
As. Oleat	0,00149487	0,00537723	456,4	61,354
As. Linoleat	0,00089946	0,00288287	567,4	40,894
As. Linolenat	7,038E-06	2,2703E-05	548,2	0,3111



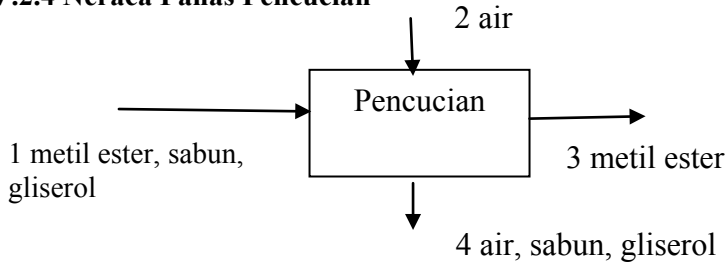
*BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas*

Komponen	Massa (kg)	N (mol)	Cp	$\Delta H_f(J)$
As. Arachidat	3,0615E-05	0,00011339	487,3	1,3814
As. Arachidonat	8,0937E-06	3,02E-05	468,1	0,3534
<b>TGA</b>				
Tripalmitin	0,03294505	0,04118131	482,7	496,96
Tripalmitolein	0,00057883	0,00071815	1423,5	25,557
Triheptadecanoin	0,00036177	0,00040648	1583,7	16,094
Triheptadecanoin	0,00014471	0,0001637	1526,1	6,2454
Tristearin	0,03991512	0,04546142	1468,5	1669
Triolein	0,10245284	0,11749179	1410,9	4144,2
Trilinolein	0,06164535	0,06329092	1743,9	2759,3
Trilinolenin	0,00048236	0,0004983	1513,5	18,855
Triarachidin	0,00209826	0,00247436	1503,6	93,011
Triarachidonin	0,00055471	0,0006588	1446	23,816
<b>Lain-lain</b>	0,000204	-	1451,8	7,4044
<b>Total</b>				<b>9937</b>

$$\begin{aligned}
 H_5 + Q_{\text{supply}} &= H_6 + H_7 \\
 30947 + Q_{\text{supply}} &= 144799,077 + 9936,6 \\
 Q_{\text{supply}} &= 123788,571 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.27** Neraca Panas Pengovenan

Komponen	Masuk	Komponen	Masuk
$H_5$	30947,14	$H_6$	144799,08
$Q_{\text{supply}}$	123788,57	$H_7$	9936,64
<b>Total</b>	<b>154735,71</b>		<b>154735,71</b>

**V.2.4 Neraca Panas Pencucian**Enthalpi bahan masuk ( $T = 30^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{\text{ref}}=25^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta T=5^{\circ}\text{C}$ )

Komponen	Massa (kg)	N (mol)	Cp	$\Delta H1(\text{J})$
<b>Aliran 1</b>				
<b>Methyl ester</b>				
Methyl palmitat	-	0,0004236	487,3	0,2064
Methyl Palmitoleat	-	0,02	468,1	11,369
Methyl heptadecanoat	-	0,0277684	514	14,273
Methyl heptadecenoat	-	0,07	494,8	35,517
Methyl stearat	-	0,040871	540,7	22,099
Methyl Oleat	-	0,0717805	521,5	37,434
Methyl linoleat	-	0,001	502,3	0,7083
Methyl linolenat	-	0,0003753	483,1	0,1813
Methyl arachidat	-	0,000322	594,1	0,1913
Methyl arachidonat	-	0,000001	517,3	0,0003
<b>TGA sisa</b>				
Tripalmitin	-	0,0030506	482,7	1,4725
Tripalmitolein	-	0,000054	1423,5	0,0769
Triheptadecanoin	-	3,184E-05	1583,7	0,0504
Triheptadecanoin	-	1,283E-05	1526,1	0,0196
Tristearin	-	0,0033472	1468,5	4,9154
Triolein	-	0,0086498	1410,9	12,204



*BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas*

Trilinolein	-	0,0052401	1743,9	9,1382
Trilinolenin	-	4,128E-05	1513,5	0,0625
Triarachidin	-	0,0001608	1503,6	0,2417
Triarachidonin	-	4,277E-05	1446	0,0618
<b>Soap Stock</b>				
Calsium palmitat	-	4,559E-06	477	0,0022
Calsium palmitoleat	-	0,000261	457,8	0,1195
Calsium heptadecanoat	-	0,0002959	503,7	0,149
Calsium heptadecenoat	-	6,22E-05	484,5	0,0301
Calsium stearat	-	0,0004379	530,4	0,2323
Calsium oleat	-	3,451E-06	511,2	0,0018
Calsium linoleat	-	1,49E-05	492	0,0073
Calsium linolenat	-	3,968E-06	472,8	0,0019
Calsium arachidat	-	2,36E-06	583,8	0,0014
Calsium arachidonat	-	6,628E-07	507	0,0003
<b>Air</b>	-	0,0767695	35,9	2,756
<b>gliserol</b>	-	0,0543761	149,4	8,1238
<b>Ca(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub></b>	-	0,0453964	132	5,9923
<b>Metanol sisa</b>	-	2,8125574	62,6	176,07
<b>lain-lain</b>	1,5998	-	1451,85	11614
<b>Total</b>				<b>11957</b>

Komponen	Massa (kg)	N (mol)	Cp	ΔH2(J)
<b>Aliran 2</b>				
<b>Air</b>	-	3,277778	35,9	117,7



Enthalpi bahan keluar ( $T = 40^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{\text{ref}}=25^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta T=15^{\circ}\text{C}$ )

Komponen	Massa (kg)	N (mol)	Cp	$\Delta H_3(\text{J})$
<b>Aliran 3</b>				
<b>Metyl ester</b>				
Methyl palmitat	-	0,01479	487,3	7,207
Methyl Palmitoleat	-	0,000262	468,1	0,123
Methyl heptadecanoat	-	0,000154	514	0,079
Methyl heptadecenoat	-	6,22E-05	494,8	0,031
Methyl stearat	-	0,016235	540,7	8,778
Methyl Oleat	-	0,041953	521,5	21,88
Methyl linoleat	-	0,025415	502,3	12,77
Methyl linolenat	-	0,0002	483,1	0,097
Methyl arachidat	-	0,00078	594,1	0,463
Methyl arachidonat	-	0,000211	517,3	0,109
<b>TGA sisa</b>				
Tripalmitin	-	0,000423	482,7	0,204
Tripalmitolein	-	7,49E-06	1423,5	0,011
Triheptadecanoin	-	4,42E-06	1583,7	0,007
Triheptadecanoin	-	1,78E-06	1526,1	0,003
Tristearin	-	0,000464	1468,5	0,682
Triolein	-	0,0012	1410,9	1,693
Trilinolein	-	0,000727	1743,9	1,268
Trilinolenin	-	5,73E-06	1513,5	0,009
Triarachidin	-	2,23E-05	1503,6	0,034
Triarachidonin	-	0,092975	1446	134,4
<b>Lain-lain</b>	1,5998	-	1451,85	34841
<b>Air</b>		0,426111	35,90	15,3
<b>Total</b>				35046



*BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas*

Komponen	Massa (kg)	N (mol)	Cp	$\Delta H_4(J)$
<b>Aliran 4</b>				
<b>Metyl ester</b>				
Methyl palmitat	-	0,009319	487,3	4,541
Methyl Palmitoleat	-	0,000165	468,1	0,077
Methyl heptadecanoat	-	0,000296	514	0,152
Methyl heptadecenoat	-	3,92E-05	494,8	0,019
Methyl stearat	-	0,01023	540,7	5,531
Methyl Oleat	-	0,026435	521,5	13,79
Methyl linoleat	-	1,48E-05	502,3	0,007
Methyl linolenat	-	0,000126	483,1	0,061
Methyl arachidat	-	0,000492	594,1	0,292
Methyl arachidonat	-	0,000133	517,3	0,069
<b>Soap Stock</b>				
Calsium palmitat	-	4,56E-06	477	0,002
Calsium palmitoleat	-	0,000261	457,8	0,119
Calsium heptadecanoat	-	0,000296	503,7	0,149
Calsium heptadecenoat	-	0,000765	484,5	0,371
Calsium stearat	-	0,000438	530,4	0,232
Calsium oleat	-	3,43E-06	511,2	0,002
Calsium linoleat	-	3,94E-06	492	0,002
Calsium linolenat	-	3,94E-06	472,8	0,002
Calsium arachidat	-	2,61E-06	583,8	0,002
Calsium arachidonat	-	9,57E-07	507	5E-04
<b>Air</b>	-	2,928436	35,9	105,1
<b>gliserol</b>	-	0,054376	149,4	8,124
<b>Ca(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub></b>	-	0,045396	132	5,992
<b>Metanol sisa</b>	-	2,812557	62,6	176,1
<b>Total</b>				320,7



$$\begin{aligned} H1 + H2 + Q_{\text{supply}} &= H3 + H4 \\ 11957 + 117,7 + Q_{\text{supply}} &= 35046 + 320,7 \\ 12075 + Q_{\text{supply}} &= 35367 \\ Q_{\text{supply}} &= 23292 \text{ Joule} \end{aligned}$$

**Tabel 5.28** Neraca Panas Pencucian

Komponen	Masuk	Komponen	Masuk
H1	11957,33	H3	35046,0485
H2	117,67	H4	320,73
Qsupply	23291,78		
<b>Total</b>	<b>35366,78</b>		<b>35366,78</b>





### V.2.5 Neraca Panas Transesterifikasi

$\Delta H_r \text{ TGA} = 1524624 \text{ J}$

$\Delta H_r \text{ FFA} = 18832,67 \text{ J}$

$\Delta H_r \text{ Total} = 1543457 \text{ J}$

**Tabel 5.29** Entalphy bahan masuk  $T_{\text{masuk}} 60^\circ\text{C}$  dan  $T_{\text{ref}} 25^\circ\text{C}$

Komponen	Massa	T( $^\circ\text{C}$ )	CP	H
<b>TGS</b>				
Tripalmitiat	0,1199	35	1365,9	5731,999
Tripalmitoleat	6,8216	35	1423,5	339869,2
Triheptadekanoic	8,2648	35	1583,7	458113,7
Triheptadekanoic	21,2138	35	1526,1	1133103
Tristearat	12,7642	35	1468,5	656048
Trioleat	0,0999	35	1410,9	4933,212
Trilinoleat	0,4345	35	1743,9	26520,36
Trilinolenat	0,1149	35	1513,5	6086,54
Triarachidat	0,0749	35	1503,6	3941,687
Trioarachidonic	0,03	35	1446	1518,3
<b>FFA</b>				0
palmitiat	0,0012	35	460,6	19,3452

*BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas*

<b>Komponen</b>	<b>Massa</b>	<b>T(°C)</b>	<b>CP</b>	<b>H</b>
palmitoleat	0,0664	35	441,4	1025,814
heptadekanoic	0,0804	35	487,3	1371,262
heptadekanoic	0,2064	35	468,1	3381,554
stearat	0,1242	35	514	2234,358
oleat	0,001	35	494,8	17,318
linoleat	0,0042	35	475,6	69,9132
linolenat	0,0011	35	475,6	18,3106
arachidat	0,0007	35	567,4	13,9013
arachidonic	0,0003	35	548,2	5,7561
Lain-lain	1,5998	35	0,362	20,26947
Air sisa	0,5333	35	1,0001	18,66737
Ca(OCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4,8086	35	132	22215,73
CH <sub>3</sub> OH	95,1661	35	149,4	497623,5
Air	0,8486	35	1,0001	29,70397
<b>TOTAL</b>				<b>3163932</b>

**Tabel 5.30** Entalphy bahan keluar

Komponen	massa	T	Cp	H
<b>Methyl Ester</b>	47,6509			
Palmitiat	0,1144	35	3219	12888,88
Palmitoleat	6,5091	35	2778	632879,8
heptadekanoic	7,8862	35	3390	935697,6
heptadekanoic	20,2421	35	3768	2669528
Stearate	12,1796	35	3585	1528235
Oleat	0,0953	35	3459	11537,49
Linoleat	0,4146	35	3333	48365,16
Linolenat	0,1096	35	3207	12302,05
Arachidat	0,0715	35	4008	10030,02
Arachidonic	0,0286	35	3630	3633,63
<b>TGA sisa</b>	2,4969	35		0
<b>Soap Stock</b>	0,5539	35		0
Palmitiat	0,0013	35	387	17,6085
Palmitoleat	0,0765	35	353,6	946,764
heptadekanoic	0,0914	35	373,8	1195,786
heptadekanoic	0,2349	35	530,4	4360,684
Stearate	0,1415	35	511,2	2531,718
Oleat	0,0011	35	492	18,942
Linoleat	0,0048	35	472,8	79,4304
Linolenat	0,0013	35	583,8	26,5629
Arachidat	0,0008	35	564,6	15,8088
Arachidonic	0,0003	35	564,6	5,9283

*BAB V Neraca Massa dan Neraca Panas*

Komponen	massa	T	Cp	H
Air	1,3819	35	1,0001	48,37134
Gliserol	5,0026	35	149,4	26158,6
Metoksidasisa	4,6304	35	3,223411	522,3988
Metanol sisa	90,0018	35	35,004	110264,8
lain-lain	1,5998	35	0,362	20,26947
<b>Total</b>				<b>6011312</b>

$$\begin{aligned} H1 &+ Q_{\text{supply}} = H2 + H_{\text{r total}} \\ 3163931,714 &+ Q_{\text{supply}} = 6011312 + 1543457 \\ 3163931,714 &+ Q_{\text{supply}} = 7554769 \\ &Q_{\text{supply}} = 4390837 \text{ J} \end{aligned}$$

**Tabel 5.31** Neraca Panas Transesterifikasi

KOMPONEN	MASUK	KOMPONEN	KELUAR
H1	3163932	H2	6011312
QSUPPLY	4390837	Hr total	1543457
<b>Total</b>	<b>7554769</b>		<b>7554769</b>

## BAB VI ANALISIS KEUANGAN

Basis produksi di *scale up* untuk komersil dengan kapasitas produksi per bulan adalah 26 liter.

### VI.1 Investasi Alat (*Fixed Cost*)

**Tabel 6.1.** Biaya *Fixed Cost* Selama 1 Tahun

No	Keterangan	Kuantitas	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)	Biaya/bulan (Rp)
1	Alat Pres	1	3.500.000	3.500.000	291.666,67
2	Pipet volume	1	82.000	82.000	6.833,33
3	Thermometer	2	20.000	40.000	3.333,33
4	Alat ekstraksi	3	1.500.000	4.500.000	375.000
5	Pemanas elektrik+stirrer	3	2.500.000	7.500.000	625.000
6	Seperangkat alat distilasi	1	1.200.000	1.200.000	100.000
7	Pipet tetes	2	2.000	4.000	333,33
8	<i>Magnetic stirrer</i>	3	24.000	72.000	6.000
9	Gelas ukur 1000 ml	1	250.000	250.000	20.833,33
<b>TOTAL</b>					1.429.000

**VI.2 Variable Cost****Tabel 6.2. Variable Cost**

No	Keterangan	Kuantitas	Harga (Rp)	Biaya (Rp)	Total Biaya
<b>A. Bahan baku + Perlengkapan</b>					
1	Biji nyamplung	5 kg	1.000	5.000	130.000
2	Metanol	7,5 L	10.000	75.000	1.950.000
3	Petroleum eter	6,6 L	10.000	66.000	1.716.000
4	Sotong	85,536 gram	33,33	2851,2	74.131,2
5	Asam phosphat	0,00928 kg	60.000	556,8	1.4476,8
<b>B. Utilitas</b>					
1	Listrik		118.775		118.775
2	PDAM	20 m <sup>3</sup>	1000		20.000
<b>C. Lain-Lain</b>					
1	Gaji pegawai	2	60.000	1.200.000	3.120.000
2	Sewa Rumah	1	1,000,000	1.000.000	1.000.000
<b>Total</b>					8.145.773

**VI.3. Harga Pokok Produksi**

Harga pokok produksi (HPP) yaitu jumlah *variable cost* dan *fixed cost* dibagi dengan kapasitas produksi. Untuk untung adalah 30 % dari HPP.

$$\text{HPP} = \frac{\text{FC} + \text{VC}}{\text{Kapasitas Produksi}}$$

$$\text{HPP} = \frac{1.429.000 + 8.145.773}{26}$$

$$\text{HPP} = \text{Rp. } 368.260,5$$

$$\text{Harga Jual} = 25\% \times \text{Rp. } 368.260,5 = \text{Rp } 92.065,125$$

Sehingga harga jual adalah Rp 460.325/ liter atau Rp 460.500 /liter.

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **VII.1 Kesimpulan**

1. Biji Nyamplung dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif pembuatan biodiesel.
2. Hasil *liquid-liquid extraction* yang paling optimum adalah pada variabel *solvent* 3:1 dan *solvent*-minyak 5:1 dengan hasil %FFA lapisan atas sebesar 1,02 % dan pada lapisan bawah sebesar 1,22 %.
3. Semakin banyak penambahan % katalis maka *yield* pada proses transesterifikasi biodiesel juga semakin besar hingga suatu titik dimana penambahan katalis justru akan mengurangi *yield*.
4. Untuk analisa densitas, viskositas, *flash point*, *cloud point* dan angka asam sesuai dengan SNI 04-7182-2006. Sedangkan untuk analisa angka setana dan kadar metil ester tidak sesuai dengan SNI 04-7182-2006. Pada penelitian ini, hasil biodiesel yang paling optimum adalah biodiesel dengan penambahan katalis sebesar 5% dengan *yield* transesterifikasi sebesar 67,05 %, nilai densitas pada suhu 40°C sebesar 880 kg/m<sup>3</sup>, nilai viskositas kinematik sebesar 3,97 mm<sup>2</sup>/s, nilai *flash point* sebesar 130°C, nilai *cloud point* sebesar 13°C, nilai angka asam sebesar 0,68 mg KOH/g, nilai angka setana 47,9 dan kadar metil ester 69,2 %.

#### **VII.2 Saran**

1. Sebaiknya katalis tempurung sotong diujikan terlebih dahulu keefektifannya agar hasil *yield* biodiesel lebih optimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, I. J. (2013). Pengaruh Karburisasi Padat dengan Katalisator Cangkang Kerang Darah ( $\text{CaCO}_2$ ) Terhadap Sifat Mekanik dan Keausan Baja St 37. 1.
- Balitbang Kehutanan. (2008). Nyamplung Sumber Energi Biofuel yang Potensial. Seminar Nasional 23 September 2008. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman, Departemen Kehutanan. Bogor.
- BBN, T. N. (2007). Bahan Bakar Nabati. Dalam T. N. BBN, Bahan Bakar Nabati (hal. 7 dan 27). Depok: Penebar Swadaya.
- Darmanto, S. (2012). Analisa Karakteristik Biodiesel Nyamplung. 170-172.
- Departemen Kehutanan Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. (2008). Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L) Sumber Energi Biofuel yang Potensial. Jakarta: Litbang Kehutanan.
- Dyah, P. (2011). Produksi biodiesel dari mikrolaga chlorela sp dengan metode esterifikasi in situ. Semarang: UNDIP.
- Dweek, A. C. dan T. Meadows. (2002). Tamanu (*Calophyllum inophyllum* L.) the Africa, Asia Polynesia and Pasific Panacea. *International J. Cos. Sci.*, 24:1-8.
- Ediati, E. R. (2013). Pemanfaatan Kulit Telur Ayam dan Abu Layang Batubara sebagai Katalis Heterogen untuk Reaksi Transesterifikasi Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn). 1.
- Erliza Hambali, S. M. (2007). Teknologi Bioenergi. Jakarta: Agro Media.
- Fitri Yuliani, M. P. (2011). Pengaruh Katalis Asam ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dan Suhu Reaksi pada Reaksi Esterifikasi Minyak Biji Karet. 1.



- Gunawan, S. (2014). Pengaruh Prosentase Solvent Non Polar dalam Campuran Pelarut Pemisahan Senyawa Non Polar dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*). 23-26.
- I Wayan Suarsa, P. S. (2011). Optimasi Jenis Pelarut Dalam Ekstraksi Zat Warna Alam dari Batang Pisang Kepok (*Musa paradiasiaca* L. cv kepok) dan Batang Pisang Susu (*Musa paradiasiaca* L. cv susu). *Jurnal Kimia*.
- J.Brown, R. (2014). Biodiesel Production from Non-Edible Beauty Leaf (*Calophyllum inophyllum*) Oil: Process Optimization Using Response Surface Methodology (RSM). 5317-5331.
- Laddha, G.S.& Dagaleesan, T.E., 1976. Transport Phenomena in Liquid-Liquid Extraction, Tata-McGraw-Hill, ISBN 0070966885, New Delhi.
- Mahreni. (2011). Pemanfaatan Kulit Telur sebagai Katalis Biodiesel dari Minyak Sawit dan Metanol. 1-6
- Muhammad, F. R. (2014). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro. 154-159.
- Mahmudi M. (1997). Penurunan Kadar Limbah Sintesis Asam Phospat Menggunakan Cara Ekstraksi Cair-cair dengan Solven Campuran Isopropanol dan n-Heksane. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Martunus & Helwani. (2005). Ekstraksi Senyawa Aromatis dari Heavy Gas Oil (HGO) dengan Pelarut Triietilen Glikol (tEG). *J.Si.Tek.* 4[2]: 34:37
- Natalia Christina, E. S. (2012). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung Dengan Menggunakan Katalis Berbasis Kalsium. *Teknik Kimia* , 26-35.
- Pardede, M. H. (2012). Uji Karakteristik Minyak Nyamplung Dan Aplikasinya Pada Kompor Tekan. 1-34.

- Prastyanto, J. B. (2012). Pengaruh Penambahan Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung (*C. Inophyllum*) Pada Bahan Bakar Solar Terhadap Hasil Uji Unjuk Kerja Mesin Diesel Generator Set . 1-6.
- Prof. Sudrajat,R., Sahiman, D.Setiawan., 2008. Pembuatan Biodiesel dari Biji Nyamplung. Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol. 25 No. 1, Februari, pp. 41-56.
- Sankey, B. (1967). Lube Oil Extraction.
- Science Lab. (2013). Material Safety Data Sheet Methyl Alcohol. 1-6.
- Science Lab. (2013). Material Safety Data Sheet Petroleum Ether. 1-5.
- Soerawidjaja, T.H. (2006). Raw Material Aspects of Biodiesel Production in Indonesia. Jakarta: BPPT.
- S.Silaen. (2010). Biodiesel. Sumatera: Universitas Sumatera Utara.
- Sudrajat, H. R. (2008). Memproduksi Biodiesel Jarak Pagar. Penebar Swadaya. Jakarta. 107 hal.
- Suryandari, A. S. (2013). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk (*Ceiba Pentandra*) Melalui Proses Transesterifikasi dengan Katalis  $MgO/CaO$ . 1-5.
- Tatang H. Soerawidjaja, T. P. ( 2005). Prospek Status dan Tantangan Penegakan Industri Biodiesel di Indonesia . Bandung: ITB.
- UGM. (2013). BAB 1 Pendahuluan. 2.
- Z. Helwani, M. O. (2009). “Solid heterogeneous catalysts for transesterification of triglycerides with methanol: A review”. 1-10.
- Aries. (2012, Desember 27). Pemberian grit dan tulang sotong untuk burung pemakan biji. Retrieved Maret 22, 2015, from <http://omkicau.com/2012/12/27/pemberian-grit-dan-tulang-sotong-untuk-burung-pemakan-biji/>

- Dina. (2013). Analisis Kadar dan Sifat Fisikokimia Lemak/Minyak. Retrieved Januari 08, 2015, from <http://hana-snowdrop.blogspot.com/2013/02/analisis-kadar-dan-sifat-fisikokimia.html>
- Farx. (2011, Desember 28). Ekstraksi Cair-Cair. Retrieved Desember 09, 2014, from <http://artikelteknikkimia.blogspot.com/2011/12/ekstraksi-cair-cair.html>
- Friday, J.B. and Okano, D. (2006). *Callophyllum inophyllum* (kamani) Species Profiles for Pasific Island Agro Forestry. HYPERLINK "http://www.traditionaltree.org" <http://www.traditionaltree.org> akses tanggal 23 Maret 2009.
- Hastira. (2014, Januari 09). Manfaat dan Kreasi Dari Buah Nyamplung. Retrieved Desember 09, 2014, from (<http://green.kompasiana.com/penghijauan/2014/01/09/manfaat-dan-kreasi-dari-buah-nyamplung-623367.html>).
- Jackson, B. &. (2014). Polarity Index. Retrieved Januari 08, 2014, from Polarity Index: <http://macro.lsu.edu/howto/solvents/Polarity%20index.htm>
- Kilham, C. (2003). Oil of Tamanu (*Callophyllum inophyllum* L.) <http://www.Newchapter.info/media> [12 Februari 2011].
- Kurniawan, M. (2012, Januari 08). 10 Fakta tentang Sotong (Cuttlefish). Retrieved Maret 22, 2015, from <http://versesofuniverse.blogspot.com/2012/01/10-fakta-tentang-sotong-cuttlefish.html>
- Oki. (2010, Maret 23). Dasar Teori Percobaan Hidrokarbon (C-1) non-kimia FMIPA UGM. Retrieved Desember 01, 2014, from [http://oksigenasu.blogspot.com/2010\\_03\\_01\\_archive.html](http://oksigenasu.blogspot.com/2010_03_01_archive.html)
- Sudjatmiko, I. (2013, Nopember). Angka Setana pada Solar (Cetane Number). Retrieved Juni 10, 2015, from <http://yamatoikwan.blogspot.com/2013/11/angka-setana-pada-solar-cetane-number.html>

Zyza. (2012, September). Methanol. Retrieved Desember 09, 2014, from <http://zyzaethanolchemical.wordpress.com/product/metanol/>).

## APPENDIKS A

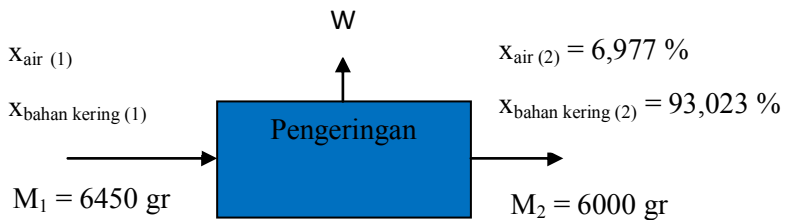
### NERACA MASSA

#### 1. Menghitung neraca massa pengeringan biji nyamplung

$W_{\text{biji+tempurung}}$	: 14130 gr
$W_{\text{biji basah}}$	: 6450 gr
$W_{\text{biji kering}}$	: 6000 gr
$V_{\text{minyak nyamplung}}$	: 5075 ml
$\rho_{\text{minyak nyamplung}}$	: 0,9 gr/cm <sup>3</sup>

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_{\text{biji basah}} - W_{\text{biji kering}}}{W_{\text{biji basah}}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{6450 - 6000}{6450} \times 100\% = 6,977\%$$



#### Neraca Massa Overall :

$$M_1 = W + M_2$$

#### Neraca Massa Tiap Komponen :

##### 1. H<sub>2</sub>O

$$\text{Air masuk} = \text{Air keluar}$$

$$M_1 \cdot X_{\text{air} (1)} = W + (M_2 \cdot X_{\text{air} (2)})$$

*Appendiks A- Neraca Massa*

$$6450 \cdot x_{\text{air (1)}} = W + (6000 \cdot 0,06977)$$

$$6450 x_{\text{air (1)}} = 418,62 W \dots\dots\dots(1)$$

2. Bahan

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= \text{Bahan keluar} \\ M_1 \cdot x_{\text{bahan kering (1)}} &= M_2 \cdot x_{\text{bahan kering (2)}} \\ 6450 \cdot x_{\text{bahan kering (1)}} &= 6000 \cdot 0,93023 \\ x_{\text{bahan kering (1)}} &= \frac{0,8653}{6450} \\ &= 0,8653 \\ x_{\text{air (1)}} &= 1 - 0,8653 \\ &= 0,1347 \end{aligned}$$

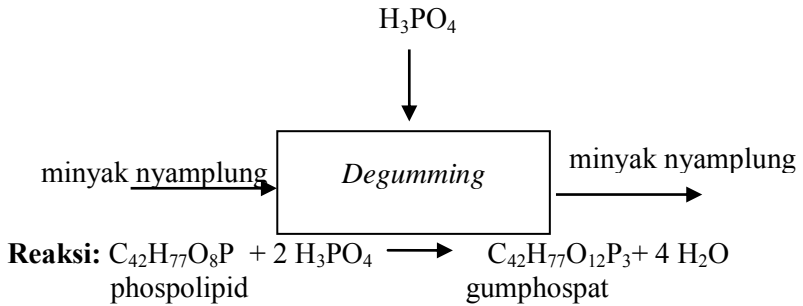
Substitusi ke Pers.1 :

$$\begin{aligned} 6450 \cdot x_{\text{air (1)}} &= 418,62 W \\ 6450 \cdot 0,1347 &= 418,62 W \\ W &= 450 \text{ gr} \end{aligned}$$

Neraca Massa :

<b>Bahan Masuk (M<sub>1</sub>)</b>	<b>Massa (gr)</b>	<b>Bahan Keluar (M<sub>2</sub>)</b>	<b>Massa (gr)</b>
Air	868,815	Air	418,620
Bahan	5581,185	Bahan	5581,38
		Uap air (W)	450
<b>TOTAL</b>	<b>6450</b>	<b>TOTAL</b>	<b>6450</b>

## 2. Menghitung neraca massa *degumming*



BM phospolipid= 740 ; BM Gumphospat= 864

$$\begin{aligned} \text{Jumlah molgum (phosfolipid) mula - mula} &= \frac{\text{massa (g)}}{\text{BM phosfolipid}} \\ &= \frac{107,215902}{740} \\ &= 0,144886354 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah massa gum (phospholipid) sisa} &= \% \text{berat} \times \text{massa} \\ &\quad \text{minyak setelah} \\ &\quad \text{degumming} \\ &= 0,16\% \times 1452,79 \\ &= 2,16384 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah mol gum (phospholipid) sisa} &= \frac{\text{massa (g)}}{\text{BM phospholipid}} \\ &= \frac{2,16384}{740} \\ &= 0,002924108\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah mol gum (pospholipid) yang bereaksi} &= \text{mol awal} - \text{mol sisa} \\ &= 0,14486354 - 0,002924108 \\ &= 0,141962246 \end{aligned}$$

*Appendiks A- Neraca Massa*

$$\begin{aligned}\text{Jumlah H}_3\text{PO}_4 \text{ dibutuhkan} &= 2 \times \text{mol yang bereaksi} \\ &= 2 \times 0,141962246 \\ &= 0,283924492 \times \text{BM H}_3\text{PO}_4 \\ &= 0,283924492 \times 98 \\ &= 29,29224705\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Gumfospat yang terbentuk} &= \text{mol yang bereaksi} \times \\ &\quad \text{BM C}_{42}\text{H}_{77}\text{O}_{12}\text{P}_3 \\ &= 0,141962246 \times 864 \\ &= 122,65 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{H}_2\text{O yang terbentuk} &= \text{mol yang bereaksi} \times \text{BM H}_2\text{O} \\ &= 4 \times 0,141962246 \times 18 \\ &= 10,2212817 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah air masuk dalam larutan H}_3\text{PO}_4: \\ (10\% / 90\%) \times \text{massa H}_3\text{PO}_4 &= 1/9 \times 29,29224705 \\ &= 3,254694117 \text{ gr}\end{aligned}$$

**Data :**

<b>Hasil</b>	<b>Sebelum <i>degumming</i></b>	<b>Sesudah <i>degumming</i></b>
Volume minyak nyamplung (ml)	1500	1470
Densitas minyak nyamplung (g/cm <sup>3</sup> )	0,968	0,920
Massa minyak nyamplung (g)	1452,79	1352,46



*Appendiks A- Neraca Massa*

<b>FFA</b>	<b>Literatur (%)</b>	<b>Sebelum <i>degumming</i> (%)</b>	<b>Sesudah <i>degumming</i> (%)</b>
Asam Palmitoleic	0,24	0,00984	0,00876
Asam Palmitat	13,66	0,56006	0,49859
Asam Stearat	16,55	0,67855	0,604075
Asam Oleat	42,48	1,74168	1,55052
Asam Linoleat	25,56	1,04796	0,93294
Asam Linolenat	0,2	0,0082	0,0073
Asam Arachidat	0,87	0,03567	0,031755
Asam Arachidonic	0,23	0,00943	0,008395
Heptadecanoid	0,15	0,00615	0,005475
Heptadecenoid	0,06	0,00246	0,00219
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>4,1</b>	<b>3,65</b>
<b>TGA</b>			
Tripalmitolein	0,24	0,198744	0,223656
Tripalmitin	13,66	11,311846	12,729754
Tristearin	16,55	13,705055	15,422945
Triolein	42,48	35,177688	39,587112
Trilinolein	25,56	21,166236	23,819364
Trilinolenein	0,2	0,16562	0,18638

*Appendiks A- Neraca Massa*

<b>TGA</b>	<b>Literatur (%)</b>	<b>Sebelum <i>degumming</i> (%)</b>	<b>Sesudah <i>degumming</i> (%)</b>
Triarachinein	0,87	0,720447	0,810753
Triarachidonein	0,23	0,190463	0,214337
Heptadecanoid	0,15	0,124215	0,139785
Heptadecenoid	0,06	0,049686	0,055914
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>82,81</b>	<b>93,19</b>

*Appendiks A- Neraca Massa*

Neraca Massa Proses *Degumming* :

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Massa (gr)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa (gr)</b>
<b>FFA:</b>		<b>FFA:</b>	
Asam palmitoleat	0,143	Asam palmitoleat	0,118
asam palmitat	8,136	asam palmitat	6,743
asam stearat	9,858	asam stearat	8,170
asam oleat	25,303	asam oleat	20,970
asam linoleat	15,225	asam linoleat	12,618
asam linolenat	0,119	asam linolenat	0,099
asam arachidat	0,518	asam arachidat	0,429
asam arachidonat	0,137	asam arachidonat	0,114
Heptadecanoat	0,089	Heptadecanoat	0,074
Heptadecenoat	0,036	Heptadecenoat	0,030
<b>Trigliserida:</b>		<b>Trigliserida:</b>	
Tripalmitolein	2,887	Tripalmitolein	3,025
Tripalmitin	164,337	Tripalmitin	172,165
Tristearin	199,106	Tristearin	208,589
Triolein	511,058	Triolein	535,400
Trilinolein	307,501	Trilinolein	322,147

*Appendiks A- Neraca Massa*

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Massa (gr)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa (gr)</b>
Trilinolein	2,406	Trilinolein	2,521
Triarachidin	10,467	Triarachidin	10,965
Triarachidonein	2,767	Triarachidonein	2,899
triheptadecanoin	1,805	triheptadecanoin	1,891
triheptadecenoin	0,722	triheptadecenoin	0,756
Gum	107,216	Gum	2,164
Impurities	26,441	Impurities	12,713
Air	56,223	Air	27,725
<b>Others</b>	0,291	others	0,135
<b>Asam Phosphat</b>	29,292	<b>gum phosphat</b>	122,655
<b>Air dari asam phosphat</b>	3,255	<b>Air hasil reaksi</b>	10,221
<b>TOTAL</b>	<b>1485,337</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1485,337</b>

*Appendiks A- Neraca Massa*

3. Menghitung neraca massa *centrifuge*

**Jumlah Endapan** : Endapan 1 + Endapan 2 + Endapan 3  
: 54,015 + 40,810 + 38,187  
: 133,012 gr

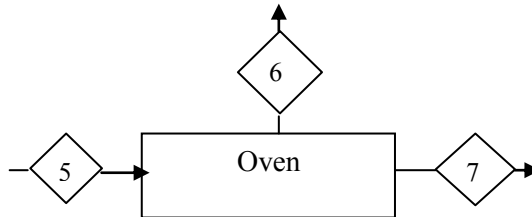
Neraca massa *centrifuge* :

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (gr)	Komponen	Massa (gr)
<b>FFA:</b>		<b>FFA:</b>	
Asam palmitoleat	0,118	Asam palmitoleat	0,118
asam palmitat	6,743	asam palmitat	6,743
asam stearat	8,170	asam stearat	8,170
asam oleat	20,970	asam oleat	20,970
asam linoleat	12,618	asam linoleat	12,618
asam linolenat	0,099	asam linolenat	0,099
asam arachidat	0,429	asam arachidat	0,429
asam arachidonat	0,114	asam arachidonat	0,114
heptadecanoat	0,074	Heptadecanoat	0,074
heptadecenoat	0,030	Heptadecenoat	0,030
<b>Trigliserida:</b>		<b>Trigliserida:</b>	
tripalmitolein	3,025	Tripalmitolein	3,025
tripalmitin	172,165	Tripalmitin	172,165

*Appendiks A- Neraca Massa*

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Massa (gr)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa (gr)</b>
tristearin	208,589	Tristearin	208,589
triolein	535,400	Triolein	535,400
trilinolein	322,147	Trilinolein	322,147
trilinolenein	2,521	Trilinolenein	2,521
Triarachidin	10,965	Triarachidin	10,965
triarachidonein	2,899	Triarachidonein	2,899
triheptadecanoin	1,891	triheptadecanoin	1,891
htriheptadecenoin	0,756	triheptadecenoin	0,756
<b>Gum</b>	2,164	<b>Gum</b>	2,164
<b>Impurities</b>	12,713	<b>Impurities</b>	12,71256
<b>Air</b>	27,725	<b>Air</b>	27,7242
others	0,135	<b>endapan</b>	133,012
gum phosphat	122,655		
Air hasil reaksi	10,221		
<b>TOTAL</b>	<b>1485,337</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1485,337</b>

4. Menghitung neraca massa penguapan



**Data :**

<b>Aliran 5</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>% Massa</b>
<b>Petroleum eter</b>	2693,251	87,56
<b>FFA</b>	28,298	0,92
As. Palmitat	3,866	13,66
As. Palmitoleat	0,068	0,24
As. Heptadecanoat	0,042	0,15
As. Heptadecanoat	0,017	0,06
As. Stearat	4,683	16,55
As. Oleat	12,021	42,48
As. Linoleat	7,233	25,56
As. Linolenat	0,057	0,2
As. Arachidat	0,246	0,87
As. Arachidonat	0,065	0,23
<b>TGA</b>	241,765	7,86
Tripalmitin	33,025	13,66
Tripalmitolein	0,580	0,24
Triheptadecanoin	0,363	0,15
Triheptadecanoin	0,145	0,06
Tristearin	40,012	16,55
Triolein	102,702	42,48
Trilinolein	61,795	25,56

*Appendiks A- Neraca Massa*

<b>TGA</b>	241,765	7,86
Trilinolenin	0,484	0,2
Triarachidin	2,103	0,87
Triarachidonin	0,556	0,23
<b>Lain-lain</b>	112,578	3,66

$$\text{massa aliran 7} = 255 \text{ gram}$$

$$m_5 = m_6 + m_7$$

$$3075,89 = m_6 + 255$$

$$m_6 = 2820,89 \text{ gram}$$

Tabel Hasil Analisa Komponen Aliran :

Aliran 7	% berat
FFA	1,38
TGA	94,58
Petroleum eter (PE)	3,96
lain-lain	0,08

Berat masing-masing komponen aliran 7

$$\text{FFA} = 1,38\% \times 255$$

$$= 3,519 \text{ gram}$$

$$\text{TGA} = 94,58\% \times 255$$

$$= 241,18 \text{ gram}$$

$$\text{PE} = 3,96\% \times 255$$

$$= 10,098 \text{ gram}$$

$$\text{Lain-lain} = 0,08\% \times 255$$

$$= 0,204 \text{ gram}$$



*Appendiks A- Neraca Massa*

Tabel persen berat komponen FFA (*J.Brown, 2014*).

<b>FFA</b>	<b>% Berat</b>	<b>TGA</b>	<b>% Berat</b>
As. Palmitat	13,66	Tripalmitin	13,66
As. Palmitoleat	0,24	Tripalmitolein	0,24
As. Heptadecanoat	0,15	Triheptadecanoin	0,15
As. Heptadecanoat	0,06	Triheptadecanoin	0,06
As. Stearat	16,55	Tristearin	16,55
As. Oleat	42,48	Triolein	42,48
As. Linoleat	25,56	Trilinolein	25,56
As. Linolenat	0,2	Trilinolenin	0,2
As. Arachidat	0,87	Triarachidin	0,87
As. Arachidonat	0,23	Triarachidonin	0,23

Berat masing-masing komponen FFA dan TGA pada aliran 7

**FFA** = 3,519

As. Palmitat	=	13,66%	×	3,519	=	0,481 gram
As. Palmitoleat	=	0,24%	×	3,519	=	0,008 gram
As. Heptadecanoat	=	0,15%	×	3,519	=	0,005 gram
As. Heptadecanoat	=	0,06%	×	3,519	=	0,002 gram
As. Stearat	=	16,55%	×	3,519	=	0,582 gram
As. Oleat	=	42,48%	×	3,519	=	1,495 gram
As. Linoleat	=	25,56%	×	3,519	=	0,899 gram
As. Linolenat	=	0,20%	×	3,519	=	0,007 gram
As. Arachidat	=	0,87%	×	3,519	=	0,031 gram
As. Arachidonat	=	0,23%	×	3,519	=	0,008 gram

**TGA** = 241,18

Tripalmitin	=	13,66%	×	241,18	=	32,945 gram
Tripalmitolein	=	0,24%	×	241,18	=	0,579 gram
Triheptadecanoin	=	0,15%	×	241,18	=	0,362 gram
Triheptadecanoin	=	0,06%	×	241,18	=	0,145 gram

*Appendiks A- Neraca Massa*

Tristearin	=	16,55%	×	241,18	=	39,915	gram
Triolein	=	42,48%	×	241,18	=	102,45	gram
Trilinolein	=	25,56%	×	241,18	=	61,645	gram
Trilinolenin	=	0,20%	×	241,18	=	0,482	gram
Triarachidin	=	0,87%	×	241,18	=	2,098	gram
Triarachidonin	=	0,23%	×	241,18	=	0,5547	gram

%Berat tiap komponen pada aliran 6 :

**FFA**

$X_{FFA5}$	$m_5$	=	$X_{FFA6}$	$m_6$	+	$X_{FFA7}$	$m_7$
0,0092	3075,89	=	$X_{FFA6}$	$m_6$	+	0,0138	255
	28,298	=	$X_{FFA6}$	$m_6$	+	3,519	
$X_{FFA6}$	$m_6$	=	24,779	gram			
$X_{FFA6}$	2820,89	=	24,779				
	$X_{FFA6}$	=	0,0088				

**TGA**

$X_{TGA5}$	$m_5$	=	$X_{TGA5}$	$m_6$	+	$X_{TGA5}$	$m_7$
0,0786	3075,89	=	$X_{TGA5}$	$m_6$	+	0,9458	255
	241,77	=	$X_{TGA5}$	$m_6$	+	241,179	
$X_{TGA5}$	$m_6$	=	0,5861	gram			
$X_{TGA5}$	2820,89	=	0,5861				
	$X_{TGA5}$	=	0,0002				

*Appendiks A- Neraca Massa*

**PE**

$$\begin{aligned}
 X_{PE5} \quad m_5 &= X_{PE5} \quad m_6 + X_{PE5} \quad m_7 \\
 0,8756 \quad 3075,89 &= X_{PE5} \quad m_6 + 0,0396 \quad 255 \\
 &2693,3 = X_{PE5} \quad m_6 + 10,098 \\
 X_{PE5} \quad m_6 &= 2683,2 \quad \text{gram} \\
 X_{PE5} \quad 2820,89 &= 2683,2 \\
 X_{PE5} &= 0,9512
 \end{aligned}$$

**Lain-lain**

$$\begin{aligned}
 X_{lain5} \quad m_5 &= X_{lain5} \quad m_6 + X_{lain5} \quad m_7 \\
 0,0366 \quad 3075,89 &= X_{lain5} \quad m_6 + 0,0008 \quad 255 \\
 &112,58 = X_{lain5} \quad m_6 + 0,204 \\
 X_{lain5} \quad m_6 &= 112,37 \quad \text{gram} \\
 X_{lain5} \quad 2820,89 &= 112,37 \\
 X_{lain5} &= 0,0398
 \end{aligned}$$

Berat masing-masing komponen FFA dan TGA pada aliran 6 :

$$\mathbf{FFA} = 24,779$$

$$\begin{aligned}
 \text{As. Palmitat} &= 13,66\% \times 24,779 = 3,385 \text{ gram} \\
 \text{As. Palmitoleat} &= 0,24\% \times 24,779 = 0,059 \text{ gram} \\
 \text{As. Heptadecanoat} &= 0,15\% \times 24,779 = 0,037 \text{ gram} \\
 \text{As. Heptadecanoat} &= 0,06\% \times 24,779 = 0,015 \text{ gram} \\
 \text{As. Stearat} &= 16,55\% \times 24,779 = 4,101 \text{ gram} \\
 \text{As. Oleat} &= 42,48\% \times 24,779 = 10,526 \text{ gram} \\
 \text{As. Linoleat} &= 25,56\% \times 24,779 = 6,334 \text{ gram} \\
 \text{As. Linolenat} &= 0,20\% \times 24,779 = 0,050 \text{ gram} \\
 \text{As. Arachidat} &= 0,87\% \times 24,779 = 0,216 \text{ gram} \\
 \text{As. Arachidonat} &= 0,23\% \times 24,779 = 0,057 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{TGA} = 0,5861$$

$$\text{Tripalmitin} = 13,66\% \times 0,5861 = 0,080 \text{ gram}$$

*Appendiks A- Neraca Massa*

Tripalmitolein	=	0,24%	×	0,5861	=	0,001 gram
Triheptadecanoin	=	0,15%	×	0,5861	=	0,0009 gram
Triheptadecanoin	=	0,06%	×	0,5861	=	0,0004 gram
Tristearin	=	16,55%	×	0,5861	=	0,097 gram
Triolein	=	42,48%	×	0,5861	=	0,249 gram
Trilinolein	=	25,56%	×	0,5861	=	0,150 gram
Trilinolenin	=	0,20%	×	0,5861	=	0,001 gram
Triarachidin	=	0,87%	×	0,5861	=	0,005 gram
Triarachidonin	=	0,23%	×	0,5861	=	0,00 gram

Neraca Massa Penguapan :

INPUT		OUTPUT	
Aliran 5		Aliran 6	
Petroleum eter	2693,251	Petroleum eter	2683,153
FFA	28,298	FFA	24,779
As. Palmitat	3,866	As. Palmitat	3,385
As. Palmitoleat	0,068	As. Palmitoleat	0,059
As. Heptadecanoat	0,042	As. Heptadecanoat	0,037
As. Heptadecanoat	0,017	As. Heptadecanoat	0,015
As. Stearat	4,683	As. Stearat	4,101
As. Oleat	12,021	As. Oleat	10,526
As. Linoleat	7,233	As. Linoleat	6,334
As. Linolenat	0,057	As. Linolenat	0,050
As. Arachidat	0,246	As. Arachidat	0,216
As. Arachidonat	0,065	As. Arachidonat	0,057

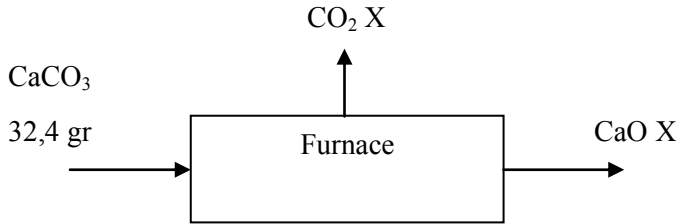
*Appendiks A- Neraca Massa*

<b>TGA</b>	<b>241,765</b>	<b>TGA</b>	<b>0,586</b>
Tripalmitin	33,025	Tripalmitin	0,080
Tripalmitolein	0,580	Tripalmitolein	0,0014
Triheptadecanoin	0,363	Triheptadecanoin	0,0009
Triheptadecanoin	0,145	Triheptadecanoin	0,0004
Tristearin	40,012	Tristearin	0,097
Triolein	102,702	Triolein	0,249
Trilinolein	61,795	Trilinolein	0,150
Trilinolenin	0,484	Trilinolenin	0,001
Triarachidin	2,103	Triarachidin	0,005
Triarachidonin	0,55605965	Triarachidonin	0,001
<b>Lain-lain</b>	<b>112,578</b>	<b>Lain-lain</b>	<b>112,374</b>
		<b>Aliran 7</b>	
		<b>Petroleum eter</b>	<b>10,098</b>
		<b>FFA</b>	<b>3,519</b>
		As. Palmitat	0,481
		As. Palmitoleat	0,008
		As. Heptadecanoat	0,005
		As. Heptadecanoat	0,002
		As. Stearat	0,582
		As. Oleat	1,495

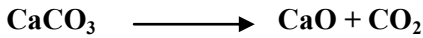
*Appendiks A- Neraca Massa*

		As. Linoleat	0,899
		As. Linolenat	0,007
		As. Arachidat	0,031
		As. Arachidonat	0,008
		<b>TGA</b>	<b>241,179</b>
		Tripalmitin	32,945
		Tripalmitolein	0,579
		Triheptadecanoin	0,362
		Triheptadecanoin	0,145
		Tristearin	39,915
		Triolein	102,453
		Trilinolein	61,645
		Trilinolenin	0,482
		Triarachidin	2,098
		Triarachidonin	0,555
		<b>Lain-lain</b>	<b>0,204</b>
<b>Total</b>	<b>3075,891</b>	<b>Total</b>	<b>3075,891</b>

5. Menghitung neraca massa proses kalsinasi



Massa yang masuk = 32,4 gr



Konversi reaksi = 95 % (Sunu, 2015)

$$N_{\text{CaCO}_3} = \frac{32,4}{100} = 0,324 \text{ gmol}$$

$$r = \frac{-X N_{\text{CaCO}_3}}{\sigma_{\text{CaCO}_3}} = \frac{-0,95 \times 0,324}{-1} = 0,3078 \text{ gmol}$$

Neraca Massa Komponen :

1.  $\text{CaCO}_3$

$$N_{\text{CaCO}_3} = N_{\text{CaCO}_3} - r = 0,324 - 0,3078 = 0,0162 \text{ gmol}$$

$$F_{\text{CaCO}_3} = 0,0162 \text{ gmol} \times 100 \text{ g/gmol} = 1,62 \text{ g}$$

2.  $\text{CaO}$

$$N_{\text{CaO}} = N_{\text{CaO}} + r = 0 + 0,3078 = 0,3078 \text{ gmol}$$

$$F_{\text{CaO}} = 0,3078 \text{ gmol} \times 56 \text{ g/gmol} = 17,2368 \text{ g}$$

3.  $\text{CO}_2$

$$N_{\text{CO}_2} = N_{\text{CO}_2} + r = 0 + 0,3078 = 0,3078 \text{ gmol}$$

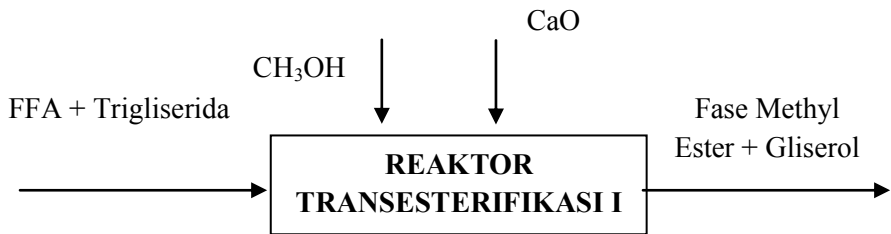
$$F_{\text{CO}_2} = 0,3078 \text{ gmol} \times 44 \text{ g/gmol} = 13,5432 \text{ g}$$

### Neraca Massa *Furnace* :

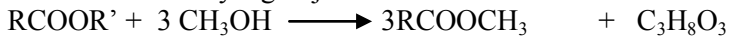
Komposisi	Massa Masuk (gr)	Massa Keluar (gr)
CaCO <sub>3</sub>	32,4	1,62
CaO	0	17,237
CO <sub>2</sub>	0	13,543
<b>Total</b>	<b>32,4</b>	<b>32,4</b>

---

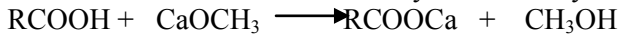
6. Neraca massa transesterifikasi



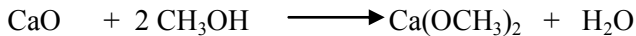
Persamaan reaksi yang terjadi :



TGS	Methanol	Methyl ester	Glycerol
-----	----------	--------------	----------



FFA    Kalium Methoksida    Sabun    Methanol

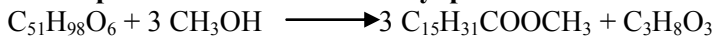


methanol                      Methoksida                      Air

**Reaksi terhadap TGA :**

Massa konversi = 95%

**a. Tripalmitat  $\longrightarrow$  methyl palmitat**



➤ BM Tripalmitat = 806

➤ BM Methyl Palmitat = 256

➤ BM Gliserol = 92

Massa Tripalmitat mula-mula = 6,821g



*Appendiks A- Neraca Massa*

$$\begin{aligned}\text{Mol Tripalmitat mula-mula} &= \frac{\text{Massa Tripalmitat}}{\text{BM tripalmitat}} \\ &= \frac{6,821}{806} \\ &= 0,00846 \text{ gmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Tripalmitat bereaksi} &= \text{Konversi} \times \text{mol mula} - \text{mula} \\ &= 0,95 \times 0,00846 \text{ gmol} \\ &= 0,008 \text{ gmol}\end{aligned}$$

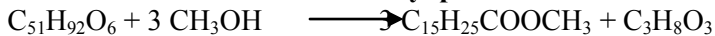
$$\begin{aligned}\text{Massa Tripalmitat sisa} &= ((\text{Mol mula} - \text{mula}) - (\text{Mol Reaksi})) \times \text{BM Tripalmitat} \\ &= (0,00846 - 0,008) \times 806 \\ &= 0,1083 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CH}_3\text{OH yang dibutuhkan} &= 3 \times \text{mol Tripalmitat yang bereaksi} \times \text{BM CH}_3\text{OH} \\ &= 3 \times 0,008 \times 32 \\ &= 0,7718 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Methyl palmitat yang terbentuk} &= 3 \times \text{Mol tripalmitat yang bereaksi} \times \text{BM Methyl palmitat} \\ &= 3 \times 0,008 \times 270 \\ &= 6,512 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Gliserol yang terbentuk} &= 1 \times \text{Mol tripalmitat yang bereaksi} \times \text{BM gliserol} \\ &= 1 \times 0,0001423 \times 92 \\ &= 0,7397 \text{ g}\end{aligned}$$

**b. Palmitoleat  $\longrightarrow$  methyl palmitat**



$$\text{➤ BM Tripalmitoleat} = 800$$

$$\text{➤ BM Methyl palmitoleat} = 268,4348$$

$$\text{➤ BM Gliserol} = 92$$

$$\text{Massa Tri palmitoleat mula-mula} = 0,11985 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Tri palmitoleat mula-mula} &= \frac{\text{Massa Tripalmitoleat}}{\text{BM Tripalmitoleat}} \\ &= \frac{0,11985}{806} \\ &= 0,0001498 \text{ gmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Tri palmitoleat bereaksi} &= \text{Konversi} \times \text{mol mula} - \text{mula} \\ &= 0,95 \times 0,0001498 \text{ gmol} \\ &= 0,0001423 \text{ gmol}\end{aligned}$$

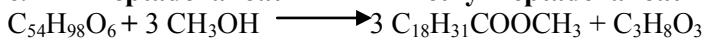
$$\begin{aligned}\text{Massa Tri palmitoleat sisa} &= ((\text{Mol mula} - \text{mula}) - (\text{Mol Reaksi})) \times \text{BM Tripalmitat} \\ &= (0,0001498 - 0,0001423) \times 806 \\ &= 0,001902 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CH}_3\text{OH yang dibutuhkan} &= 3 \times \text{mol Tripalmitat yang bereaksi} \times \text{BM CH}_3\text{OH} \\ &= 3 \times 0,0001423 \times 32 \\ &= 0,01366 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Methyl palmitoleat yang terbentuk} &= 3 \times \text{Mol tripalmitat yang bereaksi} \times \text{BM Methyl palmitat} \\ &= 3 \times 0,0001423 \times 270 \\ &= 0,1146 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Gliserol yang terbentuk} &= 1 \times \text{Mol tripalmitat yang bereaksi} \times \text{BM gliserol} \\ &= 1 \times 0,0001423 \times 92 \\ &= 0,01309 \text{ g}\end{aligned}$$

**c. Triheptadekanoat  $\longrightarrow$  Methyl heptadekanoat**



- BM Triheptadekanoat = 842
- BM Methyl heptadekanoat = 268
- BM Gliserol = 92

$$\text{Massa Tri heptadekanoat mula-mula} = 0,0299 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Tri heptadekanoat mula-mula} &= \frac{\text{Massa Heptadekanoat}}{\text{BM Heptadekanoat}} \\ &= \frac{0,0299}{842} \\ &= 0,00003558 \text{ gmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Tri heptadekanoat bereaksi} &= \text{Konversi} \times \text{mol mula} - \text{mula} \\ &= 0,95 \times 0,00003558 \text{ gmol} \\ &= 0,0000338 \text{ gmol}\end{aligned}$$

Massa Tri heptadekanoat sisa

$$= ((\text{Mol mula-mula}) - (\text{Mol Reaksi})) \times \text{BM Triheptadekanoat}$$

$$= (0,00003558 - 0,0000338) \times 842$$

$$= 0,0004768 \text{ g}$$

CH<sub>3</sub>OH yang dibutuhkan

$$= 3 \times \text{mol Tri heptadekanoat yang bereaksi} \times \text{BM CH}_3\text{OH}$$

$$= 3 \times 0,0000338 \times 32$$

$$= 0,00324 \text{ g}$$

Massa Methyl heptadekanoat yang terbentuk

$$= 3 \times \text{Mol triheptadekanoat yang bereaksi} \times \text{BM Methyl}$$

heptadekanoat

$$= 3 \times 0,0000338 \times 268$$

$$= 0,023 \text{ g}$$

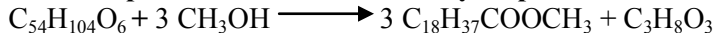
Massa Gliserol yang terbentuk

$$= 1 \times \text{Mol triheptadekanoat yang bereaksi} \times \text{BM gliserol}$$

$$= 1 \times 0,0000338 \times 92$$

$$= 0,00311 \text{ g}$$

**d. Triheptadekanoat  $\longrightarrow$  Methyl heptadekanoat**



$$\text{➤ BM Triheptadekanoat} = 848$$

$$\text{➤ BM Methyl heptadekanoat} = 282$$

$$\text{➤ BM Gliserol} = 92$$

$$\text{Massa Tri heptadekanoat mula-mula} = 0,0749 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol Tri heptadekanoat mula-mula} &= \frac{\text{Massa Heptadekanoat}}{\text{BM Heptadekanoat}} \\ &= \frac{0,0749}{848} \\ &= 0,0000883 \text{ gmol} \end{aligned}$$

Mol Tri heptadekanoat bereaksi

$$= \text{Konversi} \times \text{mol mula - mula}$$

$$= 0,95 \times 0,0000883 \text{ gmol}$$

$$= 0,0000831 \text{ gmol}$$

Massa Tri heptadekanoat sisa

$$= ((\text{Mol mula-mula}) - (\text{Mol Reaksi})) \times \text{BM Triheptadekanoat}$$

$$= (0,0000883 - 0,0000831) \times 842$$

$$= 0,00119 \text{ g}$$

CH<sub>3</sub>OH yang dibutuhkan

$$= 3 \times \text{mol Tri heptadekenoat yang bereaksi} \times \text{BM CH}_3\text{OH}$$

$$= 3 \times 0,0000831 \times 32$$

$$= 0,00805 \text{ g}$$

Massa Methyl heptadekenoat yang terbentuk

$$= 3 \times \text{Mol triheptadekenoat yang bereaksi} \times \text{BM Methyl heptadekenoat}$$

$$= 3 \times 0,0000831 \times 282$$

$$= 0,07099 \text{ g}$$

Massa Gliserol yang terbentuk

$$= 1 \times \text{Mol triheptadekenoat yang bereaksi} \times \text{BM gliserol}$$

$$= 1 \times 0,0000831 \times 92$$

$$= 0,00772 \text{ g}$$

**e. Tristearat  $\longrightarrow$  methyl stearat**



$$\text{➤ BM Tristearat} = 890$$

$$\text{➤ BM Methyl Stearat} = 298$$

$$\text{➤ BM Gliserol} = 92$$

$$\text{Massa Tristearat mula-mula} = 8,26477 \text{ g}$$

$$\text{Mol Tristearat mula-mula} = \frac{\text{Massa Tristearat}}{\text{BM Tristearat}} = \frac{8,26477}{890}$$

$$= 0,00928 \text{ gmol}$$

$$\text{Mol Tristearat bereaksi} = \text{Konversi} \times \text{mol mula - mula}$$

$$= 0,95 \times 0,00928$$

$$= 0,00882 \text{ gmol}$$

Massa Tristearat sisa

$$= ((\text{Mol mula-mula}) - (\text{Mol Reaksi})) \times \text{BM Tristearat}$$

$$= (0,00928 - 0,00882) \times 890$$

$$= 0,1318 \text{ g}$$

CH<sub>3</sub>OH yang dibutuhkan

$$= 3 \times \text{mol Tripalmitat yang bereaksi} \times \text{BM CH}_3\text{OH}$$

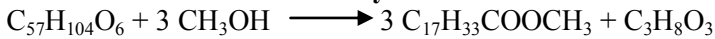
$$= 3 \times 0,00882 \times 32$$

$$= 0,8469 \text{ g}$$

Massa Methyl palmitat yang terbentuk  
= 3 x Mol tripalmitat yang bereaksi x BM Methyl palmitat  
= 3 x 0,00882 x 298  
= 7,8868 g

Massa Gliserol yang terbentuk  
= 1 x Mol tripalmitat yang bereaksi x BM gliserol  
= 1 x 0,00882 x 92  
= 0,8116 g

**f. Trioleat → methyl oleat**



- BM Trioleat = 884
- BM Methyl Oleat = 296
- BM Gliserol = 92

Massa Trioleat mula-mula = 21,2137 g

$$\begin{aligned}\text{Mol Trioleat mula-mula} &= \frac{\text{Massa Trioleat}}{\text{BM Trioleat}} \\ &= \frac{21,2137}{884} \\ &= 0,0239 \text{ gmol}\end{aligned}$$

Mol Trioleat bereaksi = Konversi x mol mula – mula  
= 0,95 x 0,0239  
= 0,02279 gmol

Massa Trioleat sisa  
= ((Mol mula-mula) – (Mol Reaksi)) x BM Trioleat  
= (0,0239 – 0,02279) x 884  
= 0,338g

$\text{CH}_3\text{OH}$  yang dibutuhkan  
= 3 x mol Trioleat yang bereaksi x BM  $\text{CH}_3\text{OH}$   
= 3 x 0,02279 x 32  
= 2,188 g

Massa Methyl oleat yang terbentuk  
= 3 x Mol trioleat yang bereaksi x BM Methyl oleat  
= 3 x 0,02279 x 296  
= 20,244 g

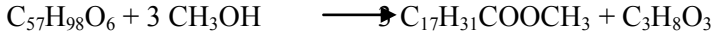
Massa Gliserol yang terbentuk

$$= 1 \times \text{Mol trioleat yang bereaksi} \times \text{BM gliserol}$$

$$= 1 \times 0,02279 \times 92$$

$$= 2,0973$$

**g. Trilinoeat**  $\longrightarrow$  **methyl linoleat**



$$\begin{array}{lcl} \text{➤ BM Trilinoeat} & & = 878 \end{array}$$

$$\text{➤ BM Methyl Linoleat} \quad \quad \quad = 294$$

$$\text{➤ BM Gliserol} \quad \quad \quad = 92$$

$$\text{Massa Trilinoeat mula-mula} = 12,764 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol Trilinoeat mula-mula} &= \frac{\text{Massa Trilinoeat}}{\text{BM Trilinoeat}} \\ &= \frac{12,764}{878} \end{aligned}$$

$$= 0,01453 \text{ gmol}$$

$$\text{Mol Trilinoeat bereaksi} = \text{Konversi} \times \text{mol mula - mula}$$

$$= 0,95 \times 0,01453$$

$$= 0,0138 \text{ mol}$$

Massa Trilinoeat sisa

$$= ((\text{Mol mula-mula}) - (\text{Mol Reaksi})) \times \text{BM Trilinoeat}$$

$$= (0,01453 - 0,0138) \times 878$$

$$= 0,2035 \text{ g}$$

$\text{CH}_3\text{OH}$  yang dibutuhkan

$$= 3 \times \text{mol Trilinoeat yang bereaksi} \times \text{BM } \text{CH}_3\text{OH}$$

$$= 3 \times 0,0138 \times 32$$

$$= 1,325 \text{ g}$$

Massa Methyl linoleat yang terbentuk

$$= 3 \times \text{Mol trilinoeat yang bereaksi} \times \text{BM Methyl linoleat}$$

$$= 3 \times 0,0138 \times 294$$

$$= 12,181 \text{ g}$$

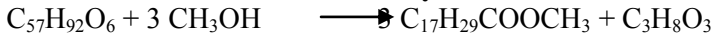
Massa Gliserol yang terbentuk

$$= 1 \times \text{Mol trilinoeat yang bereaksi} \times \text{BM gliserol}$$

$$= 1 \times 0,0138 \times 92$$

$$= 1,2706 \text{ g}$$

**h. Trilinolenat  $\longrightarrow$  methyl linolenat**



$$\text{➤ BM Trilinolenat} = 872$$

$$\text{➤ BM Methyl Linolenat} = 292$$

$$\text{➤ BM Gliserol} = 92$$

$$\text{Massa Trilinolenat mula-mula} = 0,0998$$

$$\begin{aligned} \text{Mol Trilinolenat mula-mula} &= \frac{\text{Massa Trilinolenat}}{\text{BM Trilinolenat}} \\ &= \frac{0,0998}{872} \\ &= 0,000114 \text{ gmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol Trilinolenat bereaksi} &= \text{Konversi} \times \text{mol mula - mula} \\ &= 0,95 \times 0,000114 \\ &= 0,000108 \text{ gmol} \end{aligned}$$

Massa Trilinolenat sisa

$$= ((\text{Mol mula-mula}) - (\text{Mol Reaksi})) \times \text{BM Trilinolenat}$$

$$= (0,000114 - 0,000108) \times 872$$

$$= 0,00159 \text{ g}$$

CH<sub>3</sub>OH yang dibutuhkan

$$= 3 \times \text{mol Trilinolenat yang bereaksi} \times \text{BM CH}_3\text{OH}$$

$$= 3 \times 0,000108 \times 32$$

$$= 0,01044 \text{ g}$$

Massa Methyl linolenat yang terbentuk

$$= 3 \times \text{Mol trilinolenat yang bereaksi} \times \text{BM Methyl linolenat}$$

$$= 3 \times 0,000108 \times 292$$

$$= 0,0953 \text{ g}$$

Massa Gliserol yang terbentuk

$$= 1 \times \text{Mol trilinolenat yang bereaksi} \times \text{BM gliserol}$$

$$= 1 \times 0,000108 \times 92$$

$$= 0,01001 \text{ gr}$$

**i. Triarachidat  $\longrightarrow$  methyl arachidat**



$$\text{➤ BM Triarachidat} = 974$$

$$\text{➤ BM Methyl arachidat} = 326$$

$$\text{➤ BM Gliserol} = 92$$

*Appendiks A- Neraca Massa*

$$\text{Massa Triarachidat mula-mula} = 0,4344 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Triarachidat mula-mula} &= \frac{\text{Massa Triarachidat}}{\text{BM Triarachidat}} \\ &= \frac{0,4344}{974} \\ &= 0,00044 \text{ gmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Triarachidat bereaksi} &= \text{Konversi} \times \text{mol mula} - \text{mula} \\ &= 0,95 \times 0,00044 \text{ kmol} \\ &= 0,000423 \text{ gmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Triarachidat sisa} &= ((\text{Mol mula} - \text{mula}) - (\text{Mol Reaksi})) \times \text{BM Triarachidat} \\ &= (0,00044 - 0,000423) \times 974 \\ &= 0,0069 \text{ g}\end{aligned}$$

CH<sub>3</sub>OH yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}&= 3 \times \text{mol Triarachidat yang bereaksi} \times \text{BM CH}_3\text{OH} \\ &= 3 \times 0,000423 \times 32 \\ &= 0,04068 \text{ g}\end{aligned}$$

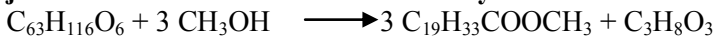
Massa Methyl arachidat yang terbentuk

$$\begin{aligned}&= 3 \times \text{Mol triarachidat yang bereaksi} \times \text{BM Methyl arachidat} \\ &= 3 \times 0,000423 \times 326 \\ &= 0,4144 \text{ g}\end{aligned}$$

Massa Gliserol yang terbentuk

$$\begin{aligned}&= 1 \times \text{Mol trilinolenat yang bereaksi} \times \text{BM gliserol} \\ &= 1 \times 0,000423 \times 92 \\ &= 0,03898 \text{ g}\end{aligned}$$

**j. Triarachidoneat  $\longrightarrow$  methyl arachidat**



$$\text{➤ BM Triarachidat} = 968$$

$$\text{➤ BM Methyl arachidat} = 318$$

$$\text{➤ BM Gliserol} = 92$$

$$\text{Massa Triarachidat mula-mula} = 0,1148 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Triarachidat mula-mula} &= \frac{\text{Massa Triarachidoneat}}{\text{BM Triarachidoneat}} \\ &= \frac{0,1148}{968} \\ &= 0,000118 \text{ gmol}\end{aligned}$$



*Appendiks A- Neraca Massa*

$$\begin{aligned}\text{Mol Triarachidat bereaksi} &= \text{Konversi} \times \text{mol mula} - \text{mula} \\ &= 0,95 \times 0,000118 \text{ g/mol} \\ &= 0,000118 \text{ g/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Triarachidat sisa} &= ((\text{Mol mula} - \text{mula}) - (\text{Mol Reaksi})) \times \text{BM Triarachidat} \\ &= (0,000118 - 0,000118) \times 974 \\ &= 0,001839 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CH}_3\text{OH yang dibutuhkan} &= 3 \times \text{mol Triarachidat yang bereaksi} \times \text{BM CH}_3\text{OH} \\ &= 3 \times 0,000118 \times 32 \\ &= 0,01082 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Methyl arachidat yang terbentuk} &= 3 \times \text{Mol triarachidat yang bereaksi} \times \text{BM Methyl arachidat} \\ &= 3 \times 0,000118 \times 326 \\ &= 0,1075 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Gliserol yang terbentuk} &= 1 \times \text{Mol trilinolenat yang bereaksi} \times \text{BM gliserol} \\ &= 1 \times 0,000118 \times 92 \\ &= 0,0103 \text{ g}\end{aligned}$$

Ringkasan dari data di atas :

Komponen	Jumlah Mula-mula (g)	Methanol yang dibutuhkan (g)	Methyl ester terbentuk (g)	Gliserol yang terbentuk (g)	Komponen TGS sisa (g)
Tripalmitiat	0,1199	0,01366	0,11461	0,01309	0,00190
Tripalmitoleat	6,8216	0,77186	6,51264	0,73970	0,10833
Triheptadekanoin	8,2648	0,84690	7,88682	0,81161	0,13186

*Appendiks A- Neraca Massa*

Komponen	Jumlah Mula-mula (g)	Methanol yang dibutuhkan (g)	Methyl ester terbentuk (g)	Gliserol yang terbentuk (g)	Komponen TGS sisa (g)
Triheptadekanoic	21,2138	2,18856	20,2442	2,09737	0,33836
Tristearat	12,7642	1,32585	12,1812	1,27060	0,20352
Trioleat	0,0999	0,01044	0,09531	0,01001	0,00159
Trilinoleat	0,4345	0,04068	0,41443	0,03898	0,00695
Trilinolenat	0,1149	0,01082	0,10753	0,01037	0,00183
Triarachidat	0,0749	0,00805	0,07099	0,00772	0,00119
Triarachidonic	0,0300	0,00324	0,02302	0,00311	0,00047
<b>Total</b>	<b>49,938</b>	<b>0,7196</b>	<b>5,22</b>	<b>47,65</b>	<b>5,0026</b>

• **Reaksi :**



CaO yang digunakan sebanyak 5% dari berat methyl ester.

Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{CaO} = 5\% \times 52,8 = 26,4 \text{ kg}$$

$$\text{BM methanol} = 32; \text{BM Ca methoksida} = 102 ; \text{BM CaO} = 56$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah mol CaO mula - mula} &= \frac{\text{massa (kg)}}{\text{BM CaO}} \\ &= \frac{26,4}{56} \\ &= 0,471 \text{ gmol} \end{aligned}$$

Jumlah Methanol yang dibutuhkan

$$= \text{mol yang bereaksi} \times \text{BM CH}_3\text{OH}$$

$$= 0,471 \times 32$$

$$= 15,072 \text{ g}$$

Jumlah kalsium methoksida yang terbentuk

$$= \text{mol yang bereaksi} \times \text{BM NaOCH}_3$$

$$= 0,471 \times 102$$

$$= 48,042 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}\text{H}_2\text{O yang terbentuk} &= \text{mol yang bereaksi} \times \text{BM H}_2\text{O} \\ &= 0,0471 \times 18 \\ &= 0,84857 \text{ gr}\end{aligned}$$

Ringkasan dari data di atas :

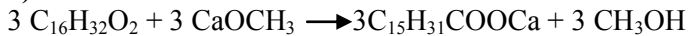
Jumlah CaO (g)	Methanol yang dibutuhkan (g)	Methoksid ayang terbentuk (g)	Air yang terbentuk (g)
26,4	3,0171	4,8085	0,84857

- Reaksi terhadap FFA**

$$\text{Konversi} = 100\% \quad (\text{Tapasvi, Dhruv and friends, 2004})$$

Jumlah FFA yang masuk kedalam Reaktor Transesterifikasi adalah 0,48576 kg

**a) Asam Palmitat  $\longrightarrow$  Kalsium Palmitat**



- BM Asam Palmitat = 256
- BM Kalsium Palmitat = 270
- BM Kalsium Methoksida = 102

Jumlah asam palmitat didalam FFA = 0,0663 g

Jumlah mol Asam Palmitat mula – mula

$$\begin{aligned}&= \frac{\text{Massa Asam Palmitat}}{\text{BM Asam Palmitat}} \\ &= \frac{0,0663}{256}\end{aligned}$$

$$= 0,000259 \text{ gmol}$$

Mol Asam Palmitat yang bereaksi

$$\begin{aligned}&= 1 \times \text{Asam Palmitat mula – mula} \\ &= 1 \times 0,000259 \\ &= 0,000259 \text{ gmol}\end{aligned}$$

CaOCH<sub>3</sub> yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}&= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CaOCH}_3) \\ &= 0,000259 \times 102 \\ &= 0,02643 \text{ g}\end{aligned}$$

Kalsium Palmitat yang terbentuk

$$= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM Kalsium Palmitat})$$

$$= 0,000259 \times 270$$

$$= 0,0764 \text{ g}$$

CH<sub>3</sub>OH yang dihasilkan

$$= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CH}_3\text{OH})$$

$$= 0,000259 \times 32$$

$$= 0,00829 \text{ g}$$

**b) Asam Palmitoleat  $\longrightarrow$  KalsiumPalmitoleat**



$$\text{➤ BM Asam Palmitoleat} = 254$$

$$\text{➤ BM Kalsium Palmitoleat} = 293$$

$$\text{➤ BM Kalsium Methoksida} = 102$$

Jumlah asam Palmitoleat didalam FFA = 0,0011 g

Jumlah mol Asam Palmitoleat mula – mula

$$= \frac{\text{Massa Asam Palmitoleat}}{\text{BM Asam Palmitoleat}}$$

$$= \frac{0,0011}{254}$$

$$= 0,00000458 \text{ gmol}$$

$$= 0,00000458 \text{ gmol}$$

Mol Asam Palmitoleat yang bereaksi

$$= 1 \times \text{Asam Palmitoleat mula – mula}$$

$$= 1 \times 0,00000458$$

$$= 0,00000458 \text{ gmol}$$

CaOCH<sub>3</sub> yang dibutuhkan

$$= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CaOCH}_3)$$

$$= 0,00000458 \times 102$$

$$= 0,0004 \text{ g}$$

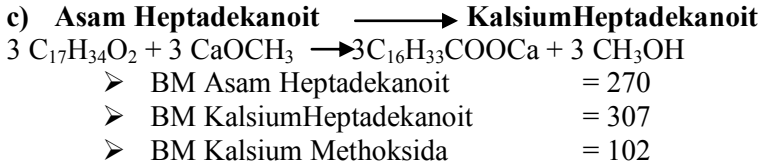
Kalsium Palmitoleat yang terbentuk

$$= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM Kalsiumpalmitoleat})$$

$$= 0,00000458 \times 293$$

$$= 0,00134 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} &\text{CH}_3\text{OH yang dihasilkan} \\ &= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CH}_3\text{OH}) \\ &= 0,00000458 \times 32 \\ &= 0,0001468 \text{ g} \end{aligned}$$



Jumlah asam Heptadekanoit didalam FFA = 0,000728g

Jumlah mol Asam Heptadekanoit mula – mula

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Massa Asam Stearat}}{\text{BM Asam Stearat}} \\ &= \frac{0,000728}{270} \end{aligned}$$

$$= 0,00000269 \text{ gmol}$$

Mol Asam Heptadekanoit yang bereaksi

$$= 1 \times \text{Asam Heptadekanoit mula – mula}$$

$$= 1 \times 0,00000269$$

$$= 0,00000269 \text{ gmol}$$

$\text{CaOCH}_3$  yang dibutuhkan

$$= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CaOCH}_3)$$

$$= 0,00000269 \times 102$$

$$= 0,0264 \text{ g}$$

KalsiumHeptadekanoit yang terbentuk

$$= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM Kalium Heptadekanoit})$$

$$= 0,00000269 \times 307$$

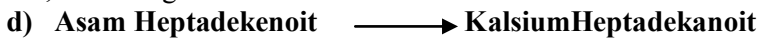
$$= 0,000828 \text{ g}$$

$\text{CH}_3\text{OH}$  yang dihasilkan

$$= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CH}_3\text{OH})$$

$$= 0,00000269 \times 32$$

$$= 0,0000863 \text{ g}$$



- BM Asam Heptadekenoit = 268

- BM KalsiumHeptadekenoit = 309

$$\text{➤ BM Kalsium Methoksida} = 102$$

Jumlah asam Heptadekenoit didalam FFA = 0,000291 g

Jumlah mol Asam Heptadekenoit mula – mula

$$= \frac{\text{Massa Asam Heptadekenoit}}{\text{BM Asam Heptadekenoit}}$$

$$= \frac{0,000291}{268}$$

$$= 0,00000108 \text{ gmol}$$

Mol Asam Heptadekenoit yang bereaksi

$$= 1 \times \text{Asam Heptadekenoit mula – mula}$$

$$= 1 \times 0,00000108$$

$$= 0,00000108 \text{ gmol}$$

CaOCH<sub>3</sub> yang dibutuhkan

$$= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CaOCH}_3)$$

$$= 0,00000108 \times 102$$

$$= 0,00011 \text{ g}$$

Kalsium Heptadekenoit yang terbentuk

$$= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM Sodium Stearat})$$

$$= 0,00000108 \times 309$$

$$= 0,000336 \text{ g}$$

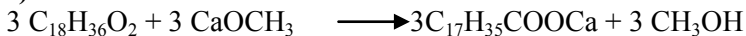
CH<sub>3</sub>OH yang dihasilkan

$$= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CH}_3\text{OH})$$

$$= 0,00000108 \times 32$$

$$= 0,0000348$$

e) **Asam Stearat**  $\longrightarrow$  **Sodium Stearat**



$$\text{➤ BM Asam Stearat} = 284$$

$$\text{➤ BM Sodium Stearat} = 323$$

$$\text{➤ BM Sodium Methoksida} = 102$$

Jumlah asam Stearat didalam FFA = 0,0803 g

Jumlah mol Asam Stearat mula – mula

$$= \frac{\text{Massa Asam Stearat}}{\text{BM Asam Stearat}}$$

$$= \frac{0,0803}{284}$$

$$= 0,000283 \text{ gmol}$$

Mol Asam Stearat yang bereaksi

$$\begin{aligned} &= 1 \times \text{Asam Stearat mula - mula} \\ &= 1 \times 0,000283 \\ &= 0,000283 \text{ gmol} \end{aligned}$$

CaOCH<sub>3</sub> yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} &= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CaOCH}_3) \\ &= 0,000283 \times 102 \\ &= 0,0288 \text{ g} \end{aligned}$$

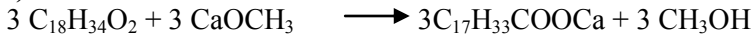
Kalium Stearat yang terbentuk

$$\begin{aligned} &= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM Kalium Stearat}) \\ &= 0,000283 \times 323 \\ &= 0,0914 \text{ g} \end{aligned}$$

CH<sub>3</sub>OH yang dihasilkan

$$\begin{aligned} &= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CH}_3\text{OH}) \\ &= 0,000283 \times 32 \\ &= 0,00905 \text{ g} \end{aligned}$$

**f) Asam Oleat  $\longrightarrow$  Sodium Oleat**



- BM Asam Oleat = 282
- BM Sodium Oleat = 321
- BM Sodium Methoksida = 102

Jumlah asam Oleat didalam FFA = 0,2063 g

Jumlah mol Asam Oleat mula – mula

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Massa Asam Oleat}}{\text{BM Asam Oleat}} \\ &= \frac{0,2063}{282} \end{aligned}$$

$$= 0,000731 \text{ gmol}$$

Mol Asam Oleat yang bereaksi

$$\begin{aligned} &= 1 \times \text{Asam Oleat mula - mula} \\ &= 1 \times 0,000731 \\ &= 0,000731 \text{ gmol} \end{aligned}$$

CaOCH<sub>3</sub> yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} &= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CaOCH}_3) \\ &= 0,000731 \times 102 \\ &= 0,0746\text{g} \end{aligned}$$

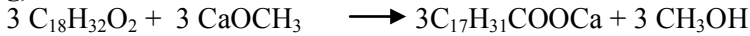
Sodium Oleat yang terbentuk

$$\begin{aligned} &= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM Sodium Oleat}) \\ &= 0,000731 \times 321 \\ &= 0,234 \text{ g} \end{aligned}$$

CH<sub>3</sub>OH yang dihasilkan

$$\begin{aligned} &= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CH}_3\text{OH}) \\ &= 0,000731 \times 32 \\ &= 0,023 \text{ g} \end{aligned}$$

**g) Asam Linoleat  $\longrightarrow$  Sodium Linoleat**



- BM Asam Linoleat = 280
- BM Sodium Linoleat = 319
- BM Sodium Methoksida = 102

Jumlah asam Linoleat didalam FFA = 0,1241 g

$$\begin{aligned} \text{Jumlah mol Asam Linoleat mula – mula} &= \frac{\text{Massa Asam Linoleat}}{\text{BM AsamLinoleat}} \\ &= \frac{0,2141}{280} \end{aligned}$$

$$= 0,0004\text{gmol}$$

Mol Asam Linoleat yang bereaksi

$$\begin{aligned} &= 1 \times \text{Asam Linoleat mula – mula} \\ &= 1 \times 0,0004 \\ &= 0,0004 \text{ gmol} \end{aligned}$$

CaOCH<sub>3</sub> yang dibutuhkan

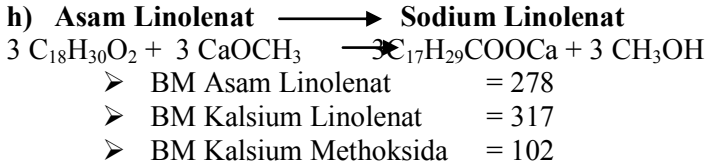
$$\begin{aligned} &= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM NaOCH}_3) \\ &= 0,0004 \times 102 \\ &= 0,0452 \text{ g} \end{aligned}$$

Kalium Linoleat yang terbentuk

$$\begin{aligned} &= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM KaliumLinoleat}) \\ &= 0,0004 \times 319 \\ &= 0,141 \text{ g} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{CH}_3\text{OH yang dihasilkan} &= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CH}_3\text{OH}) \\ &= 0,141 \times 32 \\ &= 0,014 \text{ g}\end{aligned}$$



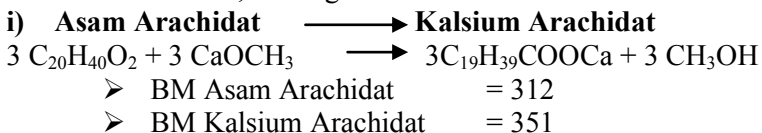
$$\begin{aligned}\text{Jumlah asam Linolenat didalam FFA} &= 0,00097 \text{ g} \\ \text{Jumlah mol Asam Linolenat mula – mula} &= \frac{\text{Massa Asam Linolenat}}{\text{BM Asam Linolenat}} \\ &= \frac{0,0009}{278} \\ &= 0,00000349 \text{ gmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Asam Linolenat yang bereaksi} &= 1 \times \text{Asam Linolenat mula – mula} \\ &= 1 \times 0,00000349 \\ &= 0,00000349 \text{ gmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CaOCH}_3 \text{ yang dibutuhkan} &= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CaOCH}_3) \\ &= 0,00000349 \times 102 \\ &= 0,000356457 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kalium Linolenat yang terbentuk} &= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM Sodium Linolenat}) \\ &= 0,00000349 \times 317 \\ &= 0,0011 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CH}_3\text{OH yang dihasilkan} &= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CH}_3\text{OH}) \\ &= 0,00000349 \text{ kmol} \times 32 \\ &= 0,00011 \text{ g}\end{aligned}$$



➤ BM Kalsium Methoksida = 102

Jumlah asam Arachidat didalam FFA = 0,0042 g

Jumlah mol Asam Arachidat mula-mula =  $\frac{\text{Massa Asam Arachidat}}{\text{BM Asam Arachidat}}$

$$\frac{0,0042}{312}$$

= 0,0000135 gmol

Mol Asam Arachidat yang bereaksi

= 1 x Asam Arachidat mula – mula

= 1 x 0,0000135

= 0,0000135 gmol

CaOCH<sub>3</sub> yang dibutuhkan

= (Jumlah mol reaksi) x (BM CaOCH<sub>3</sub>)

= 0,0000135 x 102

= 0,0013 g

Kalium Arachidat yang terbentuk

= (Jumlah mol reaksi) x (BM Sodium Arachidat)

= 0,0000135 x 334

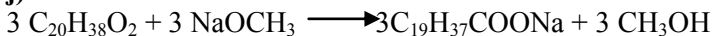
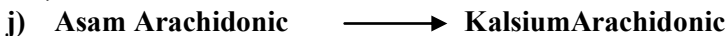
= 0,00475 g

CH<sub>3</sub>OH yang dihasilkan

= (Jumlah mol reaksi) x (BM CH<sub>3</sub>OH)

= 0,0000135 x 32

= 0,000433447



➤ BM Asam Arachidonic = 310

➤ BM KalsiumArachidonic = 349

➤ BM KalsiumMethoksida = 71

Jumlah asam Arachidonic didalam FFA = 0,001g

Jumlah mol Asam Arachidonicmula-mula =  $\frac{\text{Massa Asam Eurekat}}{\text{BM Asam Eurekat}}$

$$\frac{0,001}{310}$$

= 0,0000036 gmol

*Appendiks A- Neraca Massa*

Mol Asam Arachidonic yang bereaksi

$$= 1 \times \text{Asam Arachidonic mula - mula}$$

$$= 1 \times 0,0000036$$

$$= 0,0000036 \text{ gmol}$$

CaOCH<sub>3</sub> yang dibutuhkan

$$= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CaOCH}_3)$$

$$= 0,0000036 \times 102$$

$$= 0,0003 \text{ g}$$

Kalsium Arachidonic yang terbentuk

$$= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM Kalsium Arachidonic})$$

$$= 0,0000036 \times 349$$

$$= 0,00125 \text{ g}$$

CH<sub>3</sub>OH yang dihasilkan

$$= (\text{Jumlah mol reaksi}) \times (\text{BM CH}_3\text{OH})$$

$$= 0,0000036 \times 32$$

$$= 0,000115 \text{ g}$$

Ringkasan dari data di atas :

Komponen	Jumlah Mula-mula (g)	Kalsium Methoksida yang dibutuhkan (g)	Soap Stock yang terbentuk (g)	Methanol yang terbentuk 3 (g)
asam palmitoleic	0,00116	0,000325	0,00134	0,00014
asam palmitat	0,06635	0,01840	0,07646	0,00829
asam stearate	0,08039	0,02009	0,09143	0,00905
asam oleat	0,20635	0,05195	0,23488	0,02341
asam linoleat	0,12416	0,03148	0,14145	0,01418
asam linolenat	0,00097	0,00024	0,00110	0,00011
asam arachidat	0,00422	0,00096	0,00475	0,00043

*Appendiks A- Neraca Massa*

asam arachidonic	0,00111	0,00025	0,00125	0,00011
heptadecanoid	0,00072	0,00019	0,00082	0,00008
heptadecanoid	0,00029	0,00007	0,00033	0,00003
<b>Total</b>	<b>49,938</b>	<b>0,178139</b>	<b>0,5538</b>	<b>0,05588</b>

CH<sub>3</sub>OH yang dibutuhkan = 8,23725gr

CH<sub>3</sub>OH yang terbentuk = 0,05588 gr

**CH<sub>3</sub>OH sisa**

= CH<sub>3</sub>OH masuk + CH<sub>3</sub>OH yang terbentuk - CH<sub>3</sub>OH yang dibutuhkan

= (98,1832 + 0,05588) – 8,23725

= 90,0018 gr

Jumlah air (H<sub>2</sub>O) = air sisa + air yang terbentuk

= 0,53328 + 0,84857

= 1,381 g

Gliserol yang terbentuk = 5,0026 g

Kalsium methoksida sisa = 3,223 g

CaOCH<sub>3</sub> sisa = CaOCH<sub>3</sub> yang dihasilkan - CaOCH<sub>3</sub> yang bereaksi dengan FFA

= 3,3471 - 0,12399

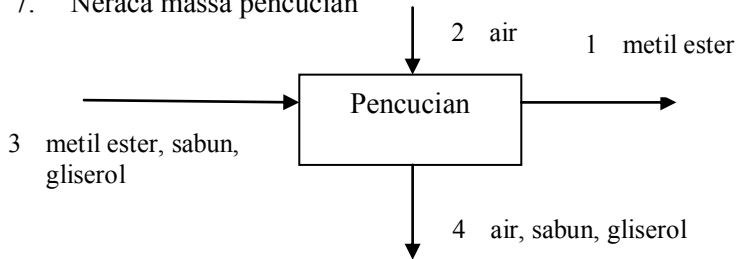
= 3,221 g

<b>Komponen</b>	<b>Masuk</b>	<b>Komponen</b>	<b>Keluar</b>
<b>TGS</b>	49,9382	<b>Methyl Ester</b>	47,6509
Tripalmitiat	0,1199	Palmitiat	0,1144
Tripalmitoleat	6,8216	palmitoleat	6,5091
Triheptadekanoi c	8,2648	heptadekanoic	7,8862
Triheptadekanoi c	21,2138	heptadekanoic	20,2421
Tristearat	12,7642	Stearate	12,1796
Trioleat	0,0999	Oleat	0,0953

*Appendiks A- Neraca Massa*

<b>Komponen</b>	<b>Masuk</b>	<b>Komponen</b>	<b>Keluar</b>
Trilinoleat	0,4345	Linoleat	0,4146
Trilinolenat	0,1149	Linolenat	0,1096
Triarachidat	0,0749	arachidat	0,0715
Trioarachidonic	0,0300	arachidonic	0,0286
<b>FFA</b>	<b>0,4858</b>	<b>TGA sisa</b>	<b>2,4969</b>
Palmitiat	0,0012	<b>Soap Stock</b>	<b>0,5539</b>
palmitoleat	0,0664	Palmitiat	0,0013
heptadekanoic	0,0804	Palmitoleat	0,0765
heptadekanoic	0,2064	Heptadekanoi c	0,0914
stearat	0,1242	heptadekanoic	0,2349
oleat	0,0010	Stearate	0,1415
linoleat	0,0042	Oleat	0,0011
linolenat	0,0011	Linoleat	0,0048
arachidat	0,0007	Linolenat	0,0013
arachidonic	0,0003	Arachidat	0,0008
Lain-lain	1,5998	Arachidonic	0,0003
Air sisa	0,5333	Air	1,3819
Ca(OCH3)2	4,8086	Gliserol	5,0026
CH3OH	95,1661	Metoksidasisa	4,6304
Air	0,8486	Metanol sisa	90,0018
		lain-lain	1,5998
<b>Total</b>	<b>153,38</b>		<b>153,32</b>

7. Neraca massa pencucian



Komponen	Massa(g)
<b>Methyl ester</b>	47,65
Methyl palmitat	0,11
Methyl Palmitoleat	6,51
Methyl heptadecanoat	7,89
Methyl heptadecenoat	20,24
Methyl stearat	12,18
Methyl Oleat	0,10
Methyl linoleat	0,41
Methyl linolenat	0,11
Methyl arachidat	0,07
Methyl arachidonat	0,03
<b>TGA sisa</b>	2,50
Tripalmitin	0,341078
Tripalmitolein	0,005993
Triheptadecanoin	0,003745
Triheptadecanoin	0,001498
Tristearin	0,413239
Triolein	1,060688
Trilinolein	0,638211
Trilinolenin	0,004994
Triarachidin	0,021723

*Appendiks A- Neraca Massa*

Triarachidonin	0,005743
<b>Soap Stock</b>	0,553869
Calsium palmitat	0,001345
Calsium palmitoleat	0,076464
Calsium heptadecanoat	0,091433
Calsium heptadecenoat	0,234889
Calsium stearat	0,141454
Calsium oleat	0,001108
Calsium linoleat	0,004754
Calsium linolenat	0,001258
Calsium arachidat	0,000828
Calsium arachidonat	0,000336
<b>Air</b>	1,381851
<b>gliserol</b>	5,002604
<b>Ca(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub></b>	4,630432
<b>Metanol sisa</b>	90,00184
<b>lain-lain</b>	1,59984

$$\begin{aligned}
 \text{massa air} &= \frac{1}{3} \times \text{volume yang didapat} \\
 &= \frac{1}{3} \times 178,3 \\
 &= 59 \text{ ml} \\
 &= 59 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{yield biodiesel} &= 66,78 \% \\
 \text{Berat biodiesel murni} &= 35,26 \text{ gram} \\
 \% \text{ kadar metil ester} &= 68,6 \%
 \end{aligned}$$

*Appendiks A- Neraca Massa*

$$\begin{aligned} m1 + m2 &= m3 + m4 \\ 153,3 + 59 &= 35 + m4 \\ m4 &= 177,1 \text{ gram} \end{aligned}$$

menghitung persen berat metil ester pada aliran 4

$$\begin{aligned} X_1 m1 + X_2 m2 &= X_3 m3 + X_4 m4 \\ 0,311 \cdot 153,3 + 0 &= 0,686 \cdot 35 + X_4 m4 \\ 47,65 &= 24,19 + X_4 m4 \\ X_4 m4 &= 23,46 \text{ gram} \\ X_4 &= 0,133 \end{aligned}$$

menghitung persen berat air pada aliran 4

$$\begin{aligned} X_1 m1 + X_2 m2 &= X_3 m3 + X_4 m4 \\ 0,009 \cdot 153,3 + 1 \cdot 59 &= 0,198 \cdot 35 + X_4 m4 \\ 1,382 + 59 &= 6,971 + X_4 m4 \\ X_4 m4 &= 53,41 \text{ gram} \\ X_4 &= 0,302 \end{aligned}$$

Tabel komponen aliran 3 dan 4

Komponen	Massa (g)	Komponen	Massa (g)
<b>Aliran 3</b>		<b>Aliran 4</b>	
<b>Metil ester</b>	24,188	<b>Metil ester</b>	23,463
Methyl palmitat	3,304	Methyl palmitat	3,205
Methyl Palmitoleat	0,058	Methyl Palmitoleat	0,056
Methyl heptadecanoat	0,036	Methyl heptadecanoat	0,035
Methyl heptadecenoat	0,015	Methyl heptadecenoat	0,014
Methyl stearat	4,003	Methyl stearat	3,883



*Appendiks A- Neraca Massa*

<b>Komponen</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Massa (g)</b>
Methyl Oleat	10,275	Methyl Oleat	9,967
Methyl linoleat	6,183	Methyl linoleat	5,997
Methyl linolenat	0,048	Methyl linolenat	0,047
Methyl arachidat	0,210	Methyl arachidat	0,204
Methyl arachidonat	0,056	Methyl arachidonat	0,054
<b>TGA sisa</b>	<b>2,497</b>	<b>Soap Stock</b>	<b>0,554</b>
Tripalmitin	0,341	Calsium palmitat	0,001
Tripalmitolein	0,006	Calsium palmitoleat	0,076
Triheptadecanoin	0,004	Calsium heptadecanoat	0,091
Triheptadecanoin	0,001	Calsium heptadecenoat	0,235
Tristearin	0,413	Calsium stearat	0,141
Triolein	1,061	Calsium oleat	0,001
Trilinolein	0,638	Calsium linoleat	0,005
Trilinolenin	0,005	Calsium linolenat	0,001
Triarachidin	0,022	Calsium arachidat	0,001
Triarachidonin	0,006	Calsium arachidonat	0,000
<b>Lain-lain</b>	<b>1,600</b>	<b>Air</b>	<b>53,412</b>
<b>Air</b>	<b>6,970</b>	<b>gliserol</b>	<b>5,003</b>
		<b>Ca(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub></b>	<b>4,630</b>
		<b>Metanol sisa</b>	<b>90,002</b>
<b>Total</b>	<b>35,26</b>		<b>177,063</b>

*Appendiks A- Neraca Massa*

Neraca massa pencucian :

INPUT		OUTPUT	
Komponen	Massa (g)	Komponen	Massa (g)
<b>Aliran 1</b>		<b>Aliran 3</b>	
<b>Methyl ester</b>	47,65	<b>Metyl ester</b>	24,1883
Methyl palmitat	0,11	Methyl palmitat	3,3041
Methyl Palmitoleat	6,51	Methyl Palmitoleat	0,0581
Methyl heptadecanoat	7,89	Methyl heptadecanoat	0,0363
Methyl heptadecenoat	20,24	Methyl heptadecenoat	0,0145
Methyl stearat	12,18	Methyl stearat	4,0032
Methyl Oleat	0,10	Methyl Oleat	10,2752
Methyl linoleat	0,41	Methyl linoleat	6,1825
Methyl linolenat	0,11	Methyl linolenat	0,0484
Methyl arachidat	0,07	Methyl arachidat	0,2104
Methyl arachidonat	0,03	Methyl arachidonat	0,0556
<b>TGA sisa</b>	2,50	<b>TGA sisa</b>	2,4969
Tripalmitin	0,3411	Tripalmitin	0,3411
Tripalmitolein	0,0060	Tripalmitolein	0,0060
Triheptadecanoin	0,0037	Triheptadecanoin	0,0037
Triheptadecanoin	0,0015	Triheptadecanoin	0,0015
Tristearin	0,4132	Tristearin	0,4132
Triolein	1,0607	Triolein	1,0607
Trilinolein	0,6382	Trilinolein	0,6382
Trilinolenin	0,0050	Trilinolenin	0,0050
Triarachidin	0,0217	Triarachidin	0,0217
Triarachidonin	0,0057	Triarachidonin	0,0057
<b>Soap Stock</b>	0,5539	<b>Lain-lain</b>	1,5998
Calsium palmitat	0,0013	<b>Air</b>	6,9700
Calsium palmitoleat	0,0765	<b>Aliran 4</b>	

*Appendiks A- Neraca Massa*

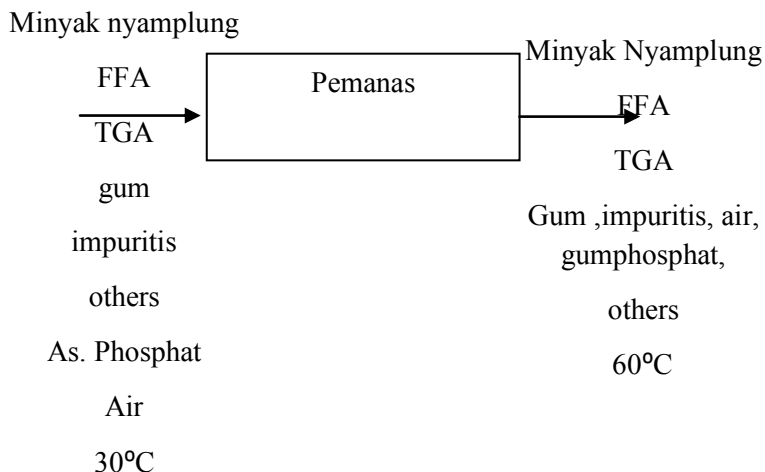
Calsium heptadecanoat	0,0914	<b>Metyl ester</b>	23,4627
Calsium heptadecenoat	0,2349	Methyl palmitat	3,2050
Calsium stearat	0,1415	Methyl Palmitoleat	0,0563
Calsium oleat	0,0011	Methyl heptadecanoat	0,0352
Calsium linoleat	0,0048	Methyl heptadecenoat	0,0141
Calsium linolenat	0,0013	Methyl stearat	3,8831
Calsium arachidat	0,0008	Methyl Oleat	9,9669
Calsium arachidonat	0,0003	Methyl linoleat	5,9971
<b>Air</b>	1,3819	Methyl linolenat	0,0469
<b>gliserol</b>	5,0026	Methyl arachidat	0,2041
<b>Ca(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub></b>	4,6304	Methyl arachidonat	0,0540
<b>Metanol sisa</b>	90,0018	<b>Soap Stock</b>	0,5539
<b>lain-lain</b>	1,5998	Calsium palmitat	0,0013
<b>Aliran 2</b>		Calsium palmitoleat	0,0765
<b>Air</b>	59,0000	Calsium heptadecanoat	0,0914
		Calsium heptadecenoat	0,2349
		Calsium stearat	0,1415
		Calsium oleat	0,0011
		Calsium linoleat	0,0048
		Calsium linolenat	0,0013
		Calsium arachidat	0,0008

*Appendiks A- Neraca Massa*

		Calsium arachidonat	0,0003
		<b>Air</b>	<b>53,4119</b>
		<b>gliserol</b>	<b>5,0026</b>
		<b>Ca(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub></b>	<b>4,6304</b>
		<b>Metanol sisa</b>	<b>90,0018</b>
<b>Total</b>	<b>212,3183</b>		<b>212,3183</b>

## APPENDIKS B NERACA PANAS

### 1. Neraca Panas Proses *Degumming*



Berdasarkan sumber : Table 8.2, Coulson & Richardson's, " Chemical Engineering " Vol 6 Design

Komponen	Solid	Liquid
C	7,5	11,7
H	9,6	18
B	11,3	19,7
Si	15,9	24,3
O	16,7	25,1
F	20,9	29,3

Dengan satuan  $\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$

$1\text{kJ/kg}^\circ\text{C} = 0,24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$

$1 \text{ kcal} = 4184 \text{ J}$

<b>Komponen FFA</b>	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>O</b>	<b>CP (kcal/kg<math>^\circ\text{C}</math>)</b>
asam palmitoleat	16	30	2	186,576
asam palmitat	16	32	2	195,216
asam stearat	18	36	2	218,112
asam oleat	18	34	2	209,472
asam linoleat	18	32	2	200,832
asam linolenat	18	30	2	192,192
asam arachidat	20	40	2	241,008
asam arachidoneat	20	38	2	232,368
heptadecanoid	17	34	2	206,664
heptadecanoid	17	32	2	198,024

<b>komponen TGA</b>	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>O</b>	<b>CP</b>
tripalmitolein	51	92	6	540,648
tripalmitin	51	98	6	602,712
tristearin	57	110	6	671,4
triolein	57	104	6	645,48
trilinolein	57	98	6	619,56
trilinolenin	57	92	6	593,64
triarachidin	63	122	6	740,088
triarachidonin	63	98	6	636,408
heptadecanoid	54	104	6	637,056
heptadecenoid	54	98	6	611,136

*Appendiks B- Neraca Panas*

Komponen	Rumus Bangun	$\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$	$\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$	Keterangan
Air	$\text{H}_2\text{O}$		0,9987	$30^\circ\text{C}^{(\text{Geankoplis A,2-5})}$
			0,999	$45^\circ\text{C}$
			0,99937	$50^\circ\text{C}$
			1,0001	$60^\circ\text{C}$
			1,0013	$61,3^\circ\text{C}$
			1,0029	$70^\circ\text{C}$
			1,0063	$95^\circ\text{C}$
Impuritis			0,347	
Fosfolipid	$\text{C}_{42}\text{H}_{77}\text{O}_8\text{P}$		0,6841	
Asam Fosfat	$\text{H}_3\text{PO}_4$		0,45	
Gum fosfolipid	$\text{C}_{42}\text{H}_{77}\text{O}_{12}\text{P}_3$		0,6295	

### Menentukan Entalpi ( $\Delta\text{H}_f$ )

Dari tabel 7-6, hal,284 Maron, "Fundamental of Physical Chemistry" diperoleh data untuk menentukan  $\Delta\text{H}_f$  komponen-komponen yang terkandung di dalam minyak nyamplung:

Ikatan	$\Delta\text{H}_f \text{ (kcal/mol)}$
H – H	104
C = C	147
C – C	83
C – H	99
C – O	84

<b>Ikatan</b>	<b><math>\Delta H_f</math> (kcal/mol)</b>
O – H	111
C = O	170

Berdasarkan Hougen, hal, 331 dan hal, 348, diperoleh rumus :

$$\Delta H_{f_{25}} = \Delta H_{f_{\text{Produk}}} - \Delta H_{f_{\text{Reaktan}}}$$

$$\Delta H_r = \Delta H_{f_{25}} + \Sigma H_P - \Sigma H_R$$

$$T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C}$$

**$\Delta H_f$  Gum Fosfat**

<b>Komponen</b>	<b>Koefisien</b>	<b>G mol</b>	<b><math>\Delta H_f</math> (kcal/mol)</b>	<b>H (kcal)</b>
fosfolipid	-1	0,145	27319	3958,250
as, fosfat	-2	0,284	-104,57	-29,690
gum fosfat	1	0,142	29132	4135,579
H <sub>2</sub> O	4	0,181	-68,32	-12,353
<b>Total</b>				8051,786

**$\Delta H_r(T_{\text{ref}}=25^\circ\text{C})$**

<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>T (°C)</b>	<b><math>\Delta T</math> (°C)</b>	<b>C<sub>p</sub> (kcal/kg°C)</b>	<b>H (kcal)</b>
fosfolipid	107,216	30	5	0,6841	0,367
As. fosfat	29,292	30	5	0,45	0,066
<b><math>\Delta H_R</math></b>					0,433



$\Delta H_p(T_{ref}=25^\circ C)$

Komponen	Massa (kg)	T (°C)	$\Delta T$ (°C)	Cp (kcal/kg°C)	H (kcal)
gum fosfat	122,650	60	35	0,6841	2,937
H <sub>2</sub> O	10,221	60	35	1,0001	0,358
$\Delta H_p$					3,294

Enthalpy reaksi untuk Gum Fosfat:

$$\begin{aligned}
 \Delta H_r &= \Delta H_{f25} + \Sigma H_p - \Sigma H_R \\
 &= 8051,786 + 3,294 - 0,433 \\
 &= 8054,648 \text{ kcal} \\
 &= 8054,648 \times 4184 \\
 &= 33700645 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\Delta T = T_{in} - T_{ref}$$

$$\Delta T = 30 - 25$$

$$\Delta T = 5$$

*Appendiks B- Neraca Panas*

Entalpi bahan masuk:

<b>Komponen</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>massa (kg)</b>	<b>Cp</b>	<b>ΔH (kcal)</b>	<b>ΔH (J)</b>
<b>FFA</b>					
asam palmitoleic	0,143	0,000	105,936	0,076	316,813
asam palmitat	8,136	0,008	110,544	4,497	18816,301
asam stearat	9,858	0,010	123,360	6,080	25440,213
asam oleat	25,303	0,025	118,752	15,024	62859,919
asam linoleat	15,225	0,015	114,144	8,689	36354,847
asam linolenat	0,119	0,000	109,536	0,065	272,983
asam arachidat	0,518	0,001	136,176	0,353	1476,278
asam arachidonic	0,137	0,000	131,568	0,090	377,074
Heptadecanoic acid	0,089	0,000	116,952	0,052	218,599
Heptadecanoic acid	0,036	0,000	112,344	0,020	83,994
<b>TGA</b>					
tripalmitolein	2,887	0,003	115,848	1,672	6997,567
tripalmitin	164,337	0,164	341,640	280,721	1174537,045
tristearin	199,106	0,199	380,088	378,388	1583176,968
triolein	511,058	0,511	366,264	935,911	3915850,012
trilinolein	307,501	0,308	352,440	541,878	2267218,354
trilinolenin	2,406	0,002	338,616	4,074	17044,520

*Appendiks B- Neraca Panas*

<b>Komponen</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>massa (kg)</b>	<b>Cp</b>	<b>ΔH (kcal)</b>	<b>ΔH (J)</b>
triarachinein	10,467	0,010	418,536	21,903	91643,017
triarachidonein	2,767	0,003	363,240	5,025	21026,588
triheptadecanoid	1,805	0,002	360,864	3,256	13623,294
triheptadecenoid	0,722	0,001	347,040	1,253	5240,565
Gum	107,216	0,107	0,630	0,337	1411,941
impuritis	26,441	0,026	0,347	0,046	191,940
air	56,223	0,056	0,999	0,281	1174,656
others	0,291	0,000	0,347	0,001	6,071
<b>Asam Phospat</b>	29,292	0,029	0,450	0,066	275,757
<b>Air</b>	3,255	0,003	0,999	0,016	68,000
<b>TOTAL</b>	<b>1485,337</b>	<b>1,485</b>		<b>2209,776</b>	<b>9245703,316</b>

$$\Delta T = 60^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$$

$$= 35^{\circ}\text{C}$$

*Appendiks B- Neraca Panas*

Entalpi bahan Keluar:

Komponen	Massa (g)	massa (kg)	Cp	$\Delta H$ (kcal)	$\Delta H$ (J)
<b>FFA</b>					
asam palmitoleic	0,118	0,00011848	105,936	0,439	1837,942
asam palmitat	6,743	0,00674323	110,544	26,090	109159,840
asam stearat	8,170	0,00816987	123,36	35,274	147587,431
asam oleat	20,970	0,02097016	118,752	87,159	364672,030
asam linoleat	12,618	0,01261764	114,144	50,408	210906,979
asam linolenat	0,099	9,873E-05	109,536	0,379	1583,667
asam arachidat	0,429	0,00042947	136,176	2,047	8564,398
asam arachidonic	0,114	0,00011354	131,568	0,523	2187,536
heptadecanoid	0,074	7,4047E-05	116,952	0,303	1268,165
heptadecanoid	0,030	2,9619E-05	112,344	0,116	487,280
<b>TGA</b>					
tripalmitolein	3,025	0,00302486	115,848	12,265	51316,053
tripalmitin	172,165	0,17216483	341,64	2058,644	8613365,448
tristearin	208,589	0,20858916	380,088	2774,878	11610090,84
triolein	535,400	0,53539985	366,264	6863,419	28716546,09
trilinolein	322,147	0,32214737	352,44	3973,817	16626448,96
trilinolenin	2,521	0,00252071	338,616	29,874	124994,508

*Appendiks B- Neraca Panas*

Komponen	Massa (g)	massa (kg)	Cp	$\Delta H$ (kcal)	$\Delta H$ (J)
triarachinein	10,965	0,01096511	418,536	160,625	672056,109
triarachidonein	2,899	0,00289882	363,24	36,854	154196,659
triheptadecanoid	1,891	0,00189054	360,864	23,878	99905,243
triheptadecenoid	0,756	0,00075621	347,04	9,185	38431,227
Gum	2,164	0,00216394	0,6841	0,052	216,782
Impuritis	12,713	0,01271312	0,347	0,154	646,013
Air	27,725	0,02772543	1,0001	0,970	4060,518
Others	0,135	0,00013525	0,387	0,002	7,665
Gum Phosphat	122,655	0,12265527	0,6841	2,937	12287,556
Air	10,221	0,01022127	1,0001	0,358	1496,953
<b>TOTAL</b>	<b>1485,337</b>			<b>16150,651</b>	<b>67574321,887</b>

$$H1 + Q \text{ supply} = H2 + \Delta H_{f_{25}}$$

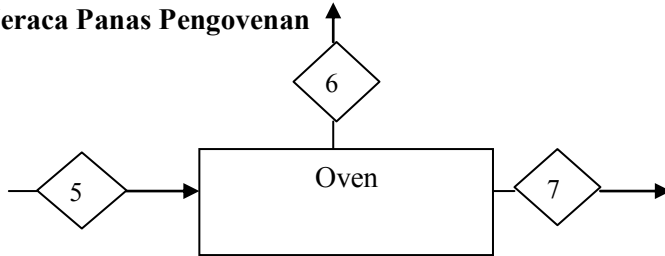
$$9245703,316 + Q \text{ supply} = 67574321,887 + 33700645,369$$

$$Q \text{ supply} = 92029263,940 \text{ J}$$

Neraca Panas *Degumming* :

Komponen	Masuk	Komponen	Keluar
H1	9245703,316	H2	67574321,887
Qsupply	92029263,940	$\Delta H_{f_{25}}$	33700645
<b>Total</b>	<b>101274967,3</b>		<b>101274967,3</b>

## 2. Neraca Panas Pengovenan



Tabel Cp tiap komponen pada FFA dan TGA (Coulson,2005)

FFA	Cp (J/mol°C)	TGA	Cp (J/mol°C)
As. Palmitat	441,4	Tripalmitin	482,7
As. Palmitoleat	460,6	Tripalmitolein	1423,5
As. Heptadecanoat	514	Triheptadecanoin	1583,7
As. Heptadecanoat	494,8	Triheptadecanoin	1526,1
As. Stearat	475,6	Tristearin	1468,5
As. Oleat	456,4	Triolein	1410,9
As. Linoleat	567,4	Trilinolein	1743,9
As. Linolenat	548,2	Trilinolenin	1513,5
As. Arachidat	487,3	Triarachidin	1503,6
As. Arachidonat	468,1	Triarachidonin	1446
Petroleum eter	179,4		

Tabel Cp lain-lain, petroleum eter (Engineering toolbox)

Komponen	Cp (kcal/kg°C)	Cp (J/kg°C)
Lain-lain	0,35	1451,85

Tabel berat molekul komponen FFA dan TGA

FFA	BM	TGA	BM
As. Palmitat	254	Tripalmitin	800
As. Palmitoleat	256	Tripalmitolein	806
As. Heptadecanoat	284	Triheptadecanoin	890
As. Heptadecanoat	282	Triheptadecanoin	884
As. Stearat	280	Tristearin	878
As. Oleat	278	Triolein	872
As. Linoleat	312	Trilinolein	974
As. Linolenat	310	Trilinolenin	968
As. Arachidat	270	Triarachidin	848
As. Arachidonat	268	Triarachidonin	842

Perhitungan mol untuk aliran masuk dan keluar pada komponen FFA dan TGA :

**Aliran masuk :**

**FFA**

$$\begin{aligned}
 \text{As. Palmitat} &= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{3,87}{254} = 0,0152 \text{ mol} \\
 \text{As. Palmitoleat} &= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,07}{256} = 0,0003 \text{ mol} \\
 \text{As. Heptadecanoat} &= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,04}{284} = 0,0001 \text{ mol} \\
 \text{As. Heptadecanoat} &= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,02}{282} = 6\text{E-}05 \text{ mol} \\
 \text{As. Stearat} &= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{4,68}{280} = 0,0167 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

*Appendiks B- Neraca Panas*

$$\text{As. Oleat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{12,02}{278} = 0,0432 \text{ mol}$$

$$\text{As. Linoleat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{7,23}{312} = 0,0232 \text{ mol}$$

$$\text{As. Linolenat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,06}{310} = 0,0002 \text{ mol}$$

$$\text{As. Arachidat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,25}{270} = 0,0009 \text{ mol}$$

$$\text{As. Arachidonat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,07}{268} = 0,0002 \text{ mol}$$

**TGA**

$$\text{Tripalmitin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{33,03}{800} = 0,0413 \text{ mol}$$

$$\text{Tripalmitolein} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,58}{806} = 0,0007 \text{ mol}$$

$$\text{Triheptadecanoin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,36}{890} = 0,0004 \text{ mol}$$

$$\text{Triheptadecenoin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,15}{884} = 0,0002 \text{ mol}$$

$$\text{Tristearin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{40,01}{878} = 0,0456 \text{ mol}$$



*Appendiks B- Neraca Panas*

$$\text{Triolein} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{102,70}{872} = 0,1178 \text{ mol}$$

$$\text{Trilinolein} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{61,80}{974} = 0,0634 \text{ mol}$$

$$\text{Trilinolenin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,48}{968} = 0,0005 \text{ mol}$$

$$\text{Triarachidin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{2,10}{848} = 0,0025 \text{ mol}$$

$$\text{Triarachidonin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,56}{842} = 0,0007 \text{ mol}$$

**Aliran Keluar :**

**Aliran 6 :**

**FFA :**

$$\text{As. Palmitat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{3,38}{254} = 0,0133 \text{ mol}$$

$$\text{As. Palmitoleat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,06}{256} = 0,0002 \text{ mol}$$

$$\text{As. Heptadecanoat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,04}{284} = 0,0001 \text{ mol}$$

$$\text{As. Heptadecanoat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,01}{282} = 5\text{E-}05 \text{ mol}$$

*Appendiks B- Neraca Panas*

$$\text{As. Stearat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{4,10}{280} = 0,0146 \quad \text{mol}$$

$$\text{As. Oleat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{10,53}{278} = 0,0379 \quad \text{mol}$$

$$\text{As. Linoleat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{6,33}{312} = 0,0203 \quad \text{mol}$$

$$\text{As. Linolenat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,05}{310} = 0,0002 \quad \text{mol}$$

$$\text{As. Arachidat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,22}{270} = 0,0008 \quad \text{mol}$$

$$\text{As. Arachidonat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,06}{268} = 0,0002 \quad \text{mol}$$

**TGA :**

$$\text{Tripalmitin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,0801}{800} = 0,0001 \quad \text{mol}$$

$$\text{Tripalmitolein} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,0014}{806} = 2\text{E-}06 \quad \text{mol}$$

$$\text{Triheptadecanoin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,0009}{890} = 1\text{E-}06 \quad \text{mol}$$

$$\text{Triheptadecenoin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,0004}{884} = 4\text{E-}07 \quad \text{mol}$$

*Appendiks B- Neraca Panas*

$$\text{Tristearin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,0970}{878} = 0,0001 \text{ mol}$$

$$\text{Triolein} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,2490}{872} = 0,0003 \text{ mol}$$

$$\text{Trilinolein} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,1498}{974} = 0,0002 \text{ mol}$$

$$\text{Trilinolenin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,0012}{968} = 1\text{E-}06 \text{ mol}$$

$$\text{Triarachidin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,0051}{848} = 6\text{E-}06 \text{ mol}$$

$$\text{Triarachidonin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,0013}{842} = 2\text{E-}06 \text{ mol}$$

**Aliran 7**

**FFA**

$$\text{As. Palmitat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,4807}{254} = 0,0019 \text{ mol}$$

$$\text{As. Palmitoleat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,0084}{256} = 3\text{E-}05 \text{ mol}$$

$$\text{As. Heptadecanoat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,0053}{284} = 2\text{E-}05 \text{ mol}$$

$$\text{As. Heptadecenoat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,002}{282} = 7\text{E-}06 \text{ mol}$$

*Appendiks B- Neraca Panas*

$$\text{As. Stearat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,582}{280} = 0,0021 \quad \text{mol}$$

$$\text{As. Oleat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{1,495}{278} = 0,0054 \quad \text{mol}$$

$$\text{As. Linoleat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,899}{312} = 0,0029 \quad \text{mol}$$

$$\text{As. Linolenat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,007}{310} = 2\text{E-}05 \quad \text{mol}$$

$$\text{As. Arachidat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,031}{270} = 0,0001 \quad \text{mol}$$

$$\text{As. Arachidonat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,008}{268} = 3\text{E-}05 \quad \text{mol}$$

**TGA :**

$$\text{Tripalmitin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{32,945}{800} = 0,0412 \quad \text{mol}$$

$$\text{Tripalmitolein} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,579}{806} = 0,0007 \quad \text{mol}$$

$$\text{Triheptadecanoin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,362}{890} = 0,0004 \quad \text{mol}$$

$$\text{Triheptadecenoin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,145}{884} = 0,0002 \quad \text{mol}$$

*Appendiks B- Neraca Panas*

Tristearin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	=	$\frac{39,915}{878}$	=	0,0455	mol
Triolein	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	=	$\frac{102,453}{872}$	=	0,1175	mol
Trilinolein	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	=	$\frac{61,645}{974}$	=	0,0633	mol
Trilinolenin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	=	$\frac{0,482}{968}$	=	0,0005	mol
Triarachidin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	=	$\frac{2,098}{848}$	=	0,0025	mol
Triarachidonin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	=	$\frac{0,555}{842}$	=	0,0007	mol

Enthalpi bahan masuk (T = 30°C; T<sub>ref</sub>=25°C; ΔT=5°C)

Komponen	Massa (kg)	N (mol)	Cp	ΔH5(J)
<b>Petroleum eter</b>	2,693	31,251	179,4	28033
<b>FFA</b>				
As. Palmitat	0,004	0,0152	441,4	33,59
As. Palmitoleat	6,7916E-05	0,0003	460,6	0,61
As. Heptadecanoat	4,2447E-05	0,0001	514	0,38
As. Heptadecanoat	1,6979E-05	6E-05	494,8	0,15
As. Stearat	0,005	0,0167	475,6	39,78
As. Oleat	0,012	0,0432	456,4	98,68
As. Linoleat	0,007	0,0232	567,4	65,77

*Appendiks B- Neraca Panas*

<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>N (mol)</b>	<b>Cp</b>	<b>ΔH5(J)</b>
As. Linolenat	5,6596E-05	0,0002	548,2	0,50
As. Arachidat	0,0002	0,0009	487,3	2,22
As. Arachidonat	6,5086E-05	0,0002	468,1	0,57
<b>TGA</b>				
Tripalmitin	0,0330	0,0413	482,7	99,63
Tripalmitolein	0,0006	0,0007	1423,5	5,12
Triheptadecanoin	0,0004	0,0004	1583,7	3,23
Triheptadecanoin	0,0001	0,0002	1526,1	1,25
Tristearin	0,040	0,05	1468,5	334,61
Triolein	0,103	0,12	1410,9	830,86
Trilinolein	0,062	0,06	1743,9	553,21
Trilinolenin	0,0005	0,0005	1513,5	3,78
Triarachidin	0,0021	0,0025	1503,6	18,65
Triarachidonin	0,0006	0,0007	1446	4,77
<b>Lain-lain</b>	0,113	-	1451,8	817,23
<b>Total</b>				30947,14

*Appendiks B- Neraca Panas*

Enthalpi bahan yang keluar ( $T=50^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{\text{ref}}=25^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ )

<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>N (mol)</b>	<b>Cp</b>	<b><math>\Delta H_6(\text{J})</math></b>
<b>Petroleum eter</b>	2,68	31,13	179,40	139637,26
<b>FFA</b>				
As. Palmitat	0,003	0,0133	441,4	147,05
As. Palmitoleat	5,947E-05	0,0002	460,6	2,67
As. Heptadecanoat	3,7169E-05	0,0001	514	1,68
As. Heptadecanoat	1,4868E-05	5,2722E-05	494,8	0,65
As. Stearat	0,004	0,01	475,6	174,14
As. Oleat	0,011	0,04	456,4	432,03
As. Linoleat	0,006	0,02	567,4	287,95
As. Linolenat	4,9558E-05	0,0002	548,2	2,19
As. Arachidat	0,0002	0,0008	487,3	9,73
As. Arachidonat	5,6992E-05	0,0002	468,1	2,49
<b>TGA</b>				
Tripalmitin	8,0056E-05	0,00010	482,7	1,21
Tripalmitolein	1,4066E-06	1,7451E-06	1423,5	0,06
Triheptadecanoin	8,791E-07	9,8775E-07	1583,7	0,04
Triheptadecanoin	3,5164E-07	3,9778E-07	1526,1	0,02
Tristearin	9,6994E-05	0,0001	1468,5	4,06
Triolein	0,0002	0,0003	1410,9	10,07
Trilinolein	0,0001	0,0002	1743,9	6,71
Trilinolenin	1,1721E-06	1,2109E-06	1513,5	0,05
Triarachidin	5,0988E-06	6,0127E-06	1503,6	0,23
Triarachidonin	1,3479E-06	1,6009E-06	1446	0,06
<b>Lain-lain</b>	0,11	-	1451,8	4078,74
<b>Total</b>				<b>144799,1</b>

*Appendiks B- Neraca Panas*

Enthalpi bahan yang keluar ( $T=50^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{\text{ref}}=25^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ )

<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>N (mol)</b>	<b>Cp</b>	<b><math>\Delta H7(\text{J})</math></b>
<b>Petroleum eter</b>	0,0101	0,117	179,4	525,52251
<b>FFA</b>				
As. Palmitat	0,0005	0,002	441,4	20,884
As. Palmitoleat	8,4456E-06	3,30E-05	460,6	0,380
As. Heptadecanoat	5,2785E-06	1,8586E-05	514	0,239
As. Heptadecanoat	2,1114E-06	7,4872E-06	494,8	0,093
As. Stearat	0,0006	0,002	475,6	24,731
As. Oleat	0,0015	0,005	456,4	61,354
As. Linoleat	0,0009	0,003	567,4	40,894
As. Linolenat	7,038E-06	2,2703E-05	548,2	0,311
As. Arachidat	3,0615E-05	0,00011339	487,3	1,381
As. Arachidonat	8,0937E-06	3,02E-05	468,1	0,353
<b>TGA</b>				
Tripalmitin	0,0329	0,0412	482,7	496,95551
Tripalmitolein	0,0006	0,0007	1423,5	25,557
Triheptadecanoin	0,0004	0,0004	1583,7	16,094
Triheptadecanoin	0,0001	0,0002	1526,1	6,245
Tristearin	0,0399	0,0455	1468,5	1669,0023
Triolein	0,10	0,1175	1410,9	4144,2291
Trilinolein	0,06	0,0633	1743,9	2759,3257
Trilinolenin	0,0005	0,0005	1513,5	18,854567
Triarachidin	0,0021	0,0025	1503,6	93,011193
Triarachidonin	0,0006	0,0007	1446	23,81571
<b>Lain-lain</b>	0,0002	-	1451,8	7,404
<b>Total</b>				<b>9936,637</b>



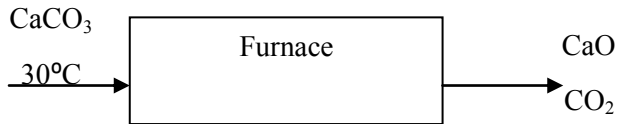
*Appendiks B- Neraca Panas*

$$\begin{aligned}
 H5 + Q_{\text{supply}} &= H6 + H7 \\
 30947 + Q_{\text{supply}} &= 144799,077 + 9936,6 \\
 Q_{\text{supply}} &= 123788,571 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas Pengovenan :

Komponen	Masuk	Komponen	Masuk
H5	30947,14	H6	144799,08
Qsupply	123788,57	H7	9936,64
<b>Total</b>	<b>154735,71</b>		<b>154735,71</b>

### 3. Neraca Panas Proses Kalsinasi



Neraca panas ini menggunakan rumus-rumus perhitungan sebagai berikut:

Persamaan untuk menghitung kapasitas panas (Himmelblau, 1989) :

1.  $C_p = a + bT + cT^2 + dT^3$
2.  $C_p = a + bT + cT^{-2}$

Tabel Kapasitas Panas (Himmelblau,1989)

Komponen	a	b	c	d
CaCO <sub>3</sub>	82,34	0,04975	-1287000	-
CaO	41,84	0,0203	-452000	-
CO <sub>2</sub>	36,11	0,04233	-2,9E-05	7,46E-09

Tabel Panas Reaksi Pembentukan (Hougen,)

Komponen	$\Delta H_f$ kcal/gmol
CaCO <sub>3</sub>	-288,450
CaO	-151,900
CO <sub>2</sub>	-94,052

Suhu bahan Masuk = 30°C

$T_{ref} = 25^\circ\text{C}$

$\Delta T = 30^\circ - 25^\circ = 5^\circ\text{C}$

$T_1 = 25^\circ\text{C}$  ;  $T_2 = 30^\circ\text{C}$

$$\int_{T_2}^{T_1} C_p dT = a(T_1 - T_2) + \frac{b}{2}(T_1^2 - T_2^2) + \frac{c}{3}(T_1^3 - T_2^3)$$

$$= (82,34x(-5)) + \left(\frac{0,04975}{2}x25\right) + \left(\frac{-1287000}{3}x(-5^3)\right)$$

$$= 53624589\text{J/gmol}$$

Entalpi bahan Masuk

Komponen	N	Cp	$\Delta H$
CaCO <sub>3</sub>	0,324	53624589	86871834,05

Suhu bahan Keluar = 900°C

$T_{ref} = 25^\circ\text{C}$

$\Delta T = 900^\circ - 25^\circ = 875^\circ\text{C}$

$T_1 = 25^\circ\text{C}$  ;  $T_2 = 900^\circ\text{C}$

Appendiks B- Neraca Panas

$$\int_{T_2}^{T_1} Cp \, dT = a(T_1 - T_2) + \frac{b}{2}(T_1^2 - T_2^2) + \frac{c}{3}(T_1^3 - T_2^3)$$

$$=(41,48x(-875)) + \left(\frac{0,0203}{2}x(875^2)\right) + \left(\frac{-452000}{3}x(-875^3)\right)$$

$$= 1,00935.10^{14} \text{J/gmol}$$

$$\int_{T_1}^{T_2} Cp \, dT = a(T_2 - T_1) + \frac{b}{2}(T_2^2 - T_1^2) + \frac{c}{3}(T_2^3 - T_1^3)$$

$$+ \frac{d}{4}(T_2^4 - T_1^4)$$

$$=(36,1x875) + \left(\frac{0,04233}{2}x875^2\right) + \left(\frac{-2,9.10^{-5}}{3}x875^3\right) +$$

$$\left(\frac{-2,9.10^{-5}}{3}x875^3\right)$$

$$= 42447,63656 \text{ J/gmol}$$

Entalpi bahan Keluar

Komponen	N	Cp	ΔH
CaO	0,03087	1,00935.10 <sup>14</sup>	2,71843.10 <sup>15</sup>
CO <sub>2</sub>	0,03087	42447,63656	1143220,972
<b>Total</b>			2,71843.10 <sup>15</sup>

Panas reaksi :

$$\Delta H_{f25} = \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaksi}}$$

$$=(-151,900-94,052)-(-288,450)$$

$$= -42,498 \text{ kcal/gmol}$$

$$= -177811.63 \text{ J/gmol}$$

$$Q_{\text{in}} + Q_{\text{supply}} = Q_{\text{keluar}} + Q_{\text{loss}} + \Delta H_{f25}$$

$$86871834,05 + Q_{\text{supply}} = 2,71843.10^{15} + Q_{\text{loss}} - 117811,63$$

*Appendiks B- Neraca Panas*

$$100\% Q_{\text{supply}} = 2,71843 \cdot 10^{15}$$

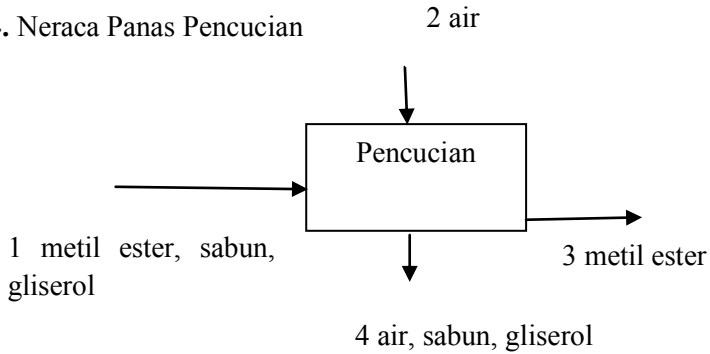
$$Q_{\text{supply}} = 2,71843 \cdot 10^{15}$$

$$Q_{\text{loss}} = 0$$

Neraca Panas

Komponen	Masuk (J/gmol)	Komponen	Keluar (J/gmol)
CaCO <sub>3</sub>	86871834,05	CaO	$2,71843 \cdot 10^{15}$
Qsupply	$2,71843 \cdot 10^{15}$	CO <sub>2</sub>	1143220,972
		Qloss	0
		$\Delta H_{f25}$	- 117811,63
<b>Total</b>	<b><math>2,71843 \cdot 10^{15}</math></b>		<b><math>2,71843 \cdot 10^{15}</math></b>

#### 4. Neraca Panas Pencucian



(Coulson,2005)

Komponen	Solid	Liquid
C	7,5	11,7
H	9,6	18
B	11,3	19,7
Si	15,9	24,3
O	16,7	25,1
F	20,9	29,3
All Other	26	33,5

Komponen	C	H	O	CP (j/mol°C)	BM
Methyl palmitat	17	34	2	487,3	270
Methyl Palmitoleat	17	32	2	468,1	268
Methyl heptadecanoat	18	36	2	514	284
Methyl heptadecenoat	18	34	2	494,8	282
Methyl stearat	19	38	2	540,7	298
Methyl Oleat	19	36	2	521,5	296
Methyl linoleat	19	34	2	502,3	294
Methyl linolenat	19	32	2	483,1	292

*Appendiks B- Neraca Panas*

<b>Komponen</b>	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>O</b>	<b>CP (j/mol°C)</b>	<b>BM</b>
Methyl arachidat	21	42	2	594,1	326
Methyl arachidonat	21	34	2	517,3	318

<b>FFA</b>	<b>Cp (J/mol°C)</b>	<b>TGA</b>	<b>Cp (J/mol°C)</b>
As. Palmitat	441,4	Tripalmitin	482,7
As. Palmitoleat	460,6	Tripalmitolein	1423,5
As. Heptadecanoat	514	Triheptadecanoin	1583,7
As. Heptadecanoat	494,8	Triheptadecanoin	1526,1
As. Stearat	475,6	Tristearin	1468,5
As. Oleat	456,4	Triolein	1410,9
As. Linoleat	567,4	Trilinolein	1743,9
As. Linolenat	548,2	Trilinolenin	1513,5
As. Arachidat	487,3	Triarachidin	1503,6
As. Arachidonat	468,1	Triarachidonin	1446

<b>Komponen</b>	<b>Ca</b>	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>CP (j/mol°C)</b>	<b>BM</b>
Calsium palmitat	1	16	31	477	295
Calsium palmitoleat	1	16	29	457,8	293
Calsium heptadecanoat	1	17	33	503,7	309
Calsium heptadecenoat	1	17	31	484,5	307
Calsium stearat	1	18	35	530,4	323
Calsium oleat	1	18	33	511,2	321
Calsium linoleat	1	18	31	492	319
Calsium linolenat	1	18	29	472,8	317
Calsium arachidat	1	20	39	583,8	351

*Appendiks B- Neraca Panas*

<b>Komponen</b>	<b>Ca</b>	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>CP (j/mol°C)</b>	<b>BM</b>
Calsium arachidonat	1	20	31	507	343

Komponen	Ca	C	H	CP (j/mol°C)	BM
Air	0	0	2	35,9	18
Methanol	0	1	4	62,6	32
Ca(CH <sub>3</sub> O) <sub>2</sub>	1	2	6	132	102
gliserol	0	3	8	149,4	92

Tabel Cp lain-lain, petroleum eter (*Engineering toolbox*)

<b>Komponen</b>	<b>Cp (kcal/kg°C)</b>	<b>Cp (J/kg°C)</b>
Lain-lain	0,35	1451,85

Tabel komponen aliran masuk dan aliran keluar

<b>INPUT</b>		<b>OUTPUT</b>	
Komponen	Massa (g)	Komponen	Massa (g)
<b>Aliran 1</b>		<b>Aliran 3</b>	
<b>Methyl ester</b>	47,65	<b>Metyl ester</b>	29,2330
Methyl palmitat	0,11	Methyl palmitat	3,9932
Methyl Palmitoleat	6,51	Methyl Palmitoleat	0,0702
Methyl heptadecanoat	7,89	Methyl heptadecanoat	0,0438
Methyl heptadecenoat	20,24	Methyl heptadecenoat	0,0175
Methyl stearat	12,18	Methyl stearat	4,8381
Methyl Oleat	0,10	Methyl Oleat	12,4182
Methyl linoleat	0,41	Methyl linoleat	7,4720
Methyl linolenat	0,11	Methyl linolenat	0,0585

*Appendiks B- Neraca Panas*

Methyl arachidat	0,07	Methyl arachidat	0,2543
Methyl arachidonat	0,03	Methyl arachidonat	0,0672
<b>TGA sisa</b>	<b>2,50</b>	<b>TGA sisa</b>	<b>2,4969</b>
Tripalmitin	2,4588	Tripalmitin	0,3411
Tripalmitolein	0,0060	Tripalmitolein	0,0060
Triheptadecanoin	0,0037	Triheptadecanoin	0,0037
Triheptadecanoin	0,0015	Triheptadecanoin	0,0015
Tristearin	0,4132	Tristearin	0,4132
Triolein	1,0607	Triolein	1,0607
Trilinolein	0,6382	Trilinolein	0,6382
Trilinolenin	0,0050	Trilinolenin	0,0050
Triarachidin	0,0217	Triarachidin	0,0217
Triarachidonin	0,0057	Triarachidonin	0,0057
<b>Soap Stock</b>	<b>0,5539</b>	<b>Lain-lain</b>	<b>1,5998</b>
Calsium palmitat	0,0013	<b>Air</b>	<b>7,6700</b>
Calsium palmitoleat	0,0765	<b>Aliran 4</b>	
Calsium heptadecanoat	0,0914	<b>Metyl ester</b>	<b>18,4200</b>
Calsium heptadecenoat	0,2349	Methyl palmitat	2,5162
Calsium stearat	0,1415	Methyl Palmitoleat	0,0442
Calsium oleat	0,0011	Methyl heptadecanoat	0,0276
Calsium linoleat	0,0048	Methyl heptadecenoat	0,0111
Calsium linolenat	0,0013	Methyl stearat	3,0485
Calsium arachidat	0,0008	Methyl Oleat	7,8248
Calsium arachidonat	0,0003	Methyl linoleat	4,7082
<b>Air</b>	<b>1,3819</b>	Methyl linolenat	0,0368
<b>gliserol</b>	<b>5,0026</b>	Methyl arachidat	0,1603
<b>Ca(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub></b>	<b>4,6304</b>	Methyl arachidonat	0,0424



*Appendiks B- Neraca Panas*

<b>Metanol sisa</b>	90,0018	<b>Soap Stock</b>	0,5539
<b>lain-lain</b>	1,5998	Calcium palmitat	0,0013
<b>Aliran 2</b>		Calcium palmitoleat	0,0765
<b>Air</b>	59,0000	Calcium heptadecanoat	0,0914
		Calcium heptadecenoat	0,2349
		Calcium stearat	0,1415
		Calcium oleat	0,0011
		Calcium linoleat	0,0048
		Calcium linolenat	0,0013
		Calcium arachidat	0,0008
		Calcium arachidonat	0,0003
		<b>Air</b>	<b>52,7119</b>
		<b>gliserol</b>	<b>5,0026</b>
		<b>Ca(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub></b>	<b>4,6304</b>
		<b>Metanol sisa</b>	<b>90,0018</b>
<b>Total</b>	212,3183		212,3203

Perhitungan mol untuk aliran masuk dan keluar pada komponen FFA dan TGA.

Aliran

1

**Methyl ester**

$$\text{Methyl palmitat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,11}{270} = 0,00042 \text{ mol}$$

$$\text{Methyl Palmitoleat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{6,51}{268} = 0,02429 \text{ mol}$$

*Appendiks B- Neraca Panas*

Methyl heptadecanoat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{7,89}{284}$	=	0,02777
Methyl heptadecenoat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{20,24}{282}$	=	0,07178
Methyl stearat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{12,18}{298}$	=	0,04087
Methyl Oleat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,10}{296}$	=	0,00032
Methyl linoleat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,41}{294}$	=	0,00141
Methyl linolenat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,11}{292}$	=	0,00038
Methyl arachidat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,07}{326}$	=	0,00022
Methyl arachidonat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,03}{318}$	=	9E-05
<b>TGA sisa</b>					
Tripalmitin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{2,46}{806}$	=	0,00305
Tripalmitolein	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,04}{800}$	=	5,4E-05

*Appendiks B- Neraca Panas*

Triheptadecanoin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,03}{848}$	=	3,2E-05	
Triheptadecanoin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,01}{842}$	=	1,3E-05	mol
Tristearin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{2,98}{890}$	=	0,00335	mol
Triolein	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{7,65}{884}$	=	0,00865	mol
Trilinolein	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{4,60}{878}$	=	0,00524	mol
Trilinolenin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,04}{872}$	=	4,1E-05	mol
Triarachidin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,16}{974}$	=	0,00016	mol
Triarachidonin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,04}{968}$	=	4,3E-05	mol
<b>Soap Stock</b>						
Calsium palmitat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,001}{295}$	=	4,6E-06	mol

*Appendiks B- Neraca Panas*

$$\begin{array}{lcl} \text{Calsium} & & \\ \text{palmitoleat} & = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,08}{293} = & 0,00026 \quad \text{mol} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Calsium heptadecanoat} & = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,09}{309} = & 0,0003 \quad \text{mol} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Calsium} & & \\ \text{heptadecenoat} & = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,23}{307} = & 0,00077 \quad \text{mol} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Calsium stearat} & = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,14}{323} = & 0,00044 \quad \text{mol} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Calsium} & & \\ \text{oleat} & = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,001}{321} = & 3,5\text{E-}06 \quad \text{mol} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Calsium} & & \\ \text{linoleat} & = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,005}{319} = & 1,5\text{E-}05 \quad \text{mol} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Calsium} & & \\ \text{linolenat} & = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,001}{317} = & 4\text{E-}06 \quad \text{mol} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Calsium} & & \\ \text{arachidat} & = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,001}{351} = & 2,4\text{E-}06 \quad \text{mol} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Calsium} & & \\ \text{arachidonat} & = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,0003}{\phantom{351}} = & 0 \quad \text{mol} \end{array}$$

*Appendiks B- Neraca Panas*

	BM	507		
<b>Air</b>	$= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{1,38}{18}$	$= 0,07677$	mol
<b>gliserol</b>	$= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{5,00}{92}$	$= 0,05438$	mol
<b>Ca(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub></b>	$= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{4,6}{102}$	$= 0$	mol
<b>Metanol sisa</b>	$= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{90,00}{32}$	$= 3$	mol
<b>Aliran 2</b>				
<b>Air</b>	$= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{59}{18}$	$= 3$	mol
<b>Aliran 3</b>				
<b>Metyl ester</b>				
Methyl palmitat	$= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{3,99}{270}$	$= 0,01479$	mol
Methyl Palmitoleat	$= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,07}{268}$	$= 0,00026$	mol
Methyl heptadecanoat	$= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,04}{284}$	$= 0,00015$	mol

*Appendiks B- Neraca Panas*

$$\text{Methyl heptadecenoat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,02}{282} = 6,2\text{E-}05 \quad \text{mol}$$

$$\text{Methyl stearat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{4,84}{298} = 0,01624 \quad \text{mol}$$

$$\text{Methyl Oleat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{12,42}{296} = 0,04195 \quad \text{mol}$$

$$\text{Methyl linoleat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{7,47}{294} = 0,02541 \quad \text{mol}$$

$$\text{Methyl linolenat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,06}{292} = 0,0002 \quad \text{mol}$$

$$\text{Methyl arachidat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,25}{326} = 0,00078 \quad \text{mol}$$

$$\text{Methyl arachidonat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,07}{318} = 0,00021 \quad \text{mol}$$

**TGA sisa**

$$\text{Tripalmitin} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,34}{806} = 0,00042 \quad \text{mol}$$

$$\text{Tripalmitolein} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,01}{800} = 7,5\text{E-}06 \quad \text{mol}$$

*Appendiks B- Neraca Panas*

Triheptadecanoin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,004}{848}$	=	4,4E-06	mol
Triheptadecanoin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,001}{842}$	=	1,8E-06	mol
Tristearin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,41}{890}$	=	0,00046	mol
Triolein	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{1,06}{884}$	=	0,0012	mol
Trilinolein	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,64}{878}$	=	0,00073	mol
Trilinolenin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,005}{872}$	=	5,7E-06	mol
Triarachidin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{0,02}{974}$	=	2,2E-05	mol
Triarachidonin	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{90,00}{968}$	=	0,09298	mol
<b>Air</b>	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}}$	$\frac{8}{18}$	=	0,42611	mol

**Aliran 4**

**Metil ester**

Methyl palmitat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{2,52}{270}$	=	0,00932	mol
Methyl Palmitoleat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,04}{268}$	=	0,00016	mol
Methyl heptadecanoat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,03}{284}$	=	9,7E-05	mol
Methyl heptadecenoat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,01}{282}$	=	3,9E-05	mol
Methyl stearat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{3,05}{298}$	=	0,01023	mol
Methyl Oleat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{7,82}{296}$	=	0,02644	mol
Methyl linoleat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{4,71}{294}$	=	0,01601	mol
Methyl linolenat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,04}{292}$	=	0,00013	mol
Methyl arachidat	=	$\frac{\text{Massa}}{\text{BM}} = \frac{0,16}{326}$	=	0,00049	mol



*Appendiks B- Neraca Panas*

$$\text{Methyl arachidonat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,04}{318} = 0,00013 \quad \text{mol}$$

**Soap Stock**

$$\text{Calsium palmitat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,001}{295} = 4,6\text{E-}06 \quad \text{mol}$$

$$\text{Calsium palmitoleat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,08}{293} = 0,00026 \quad \text{mol}$$

$$\text{Calsium heptadecanoat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,09}{309} = 0,0003 \quad \text{mol}$$

$$\text{Calsium heptadecenoat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,23}{307} = 0,00077 \quad \text{mol}$$

$$\text{Calsium stearat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,14}{323} = 0,00044 \quad \text{mol}$$

$$\text{Calsium oleat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,001}{323} = 3,4\text{E-}06 \quad \text{mol}$$

$$\text{Calsium linoleat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,005}{321} = 1,5\text{E-}05 \quad \text{mol}$$

$$\text{Calsium linolenat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,001}{319} = 3,9\text{E-}06 \quad \text{mol}$$

*Appendiks B- Neraca Panas*

$$\text{Calsium arachidat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,001}{317} = 2,6\text{E-}06 \quad \text{mol}$$

$$\text{Calsium arachidonat} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{0,0003}{351} = 0 \quad \text{mol}$$

$$\text{Air} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{52,71}{18} = 2,92844 \quad \text{mol}$$

$$\text{gliserol} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{5,00}{92} = 0,05438 \quad \text{mol}$$

$$\text{Ca(CH}_3\text{O)}_2 = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{4,6}{102} = 0 \quad \text{mol}$$

$$\text{Metanol sisa} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \frac{90,00}{32} = 3 \quad \text{mol}$$

Neraca Panas Pencucian :

Komponen	Masuk	Komponen	Masuk
H1	11957,33	H3	35046,05
H2	117,67	H4	320,73
Qsupply	23291,78		
<b>Total</b>	<b>35366,78</b>		<b>35366,78</b>

## 5. Neraca panas transesterifikasi

$$\Delta H_r \text{ TGA} = 1524624 \text{ J}$$

$$\Delta H_r \text{ FFA} = 18832,67 \text{ J}$$

$$\Delta H_r \text{ Total} = 1543457 \text{ J}$$

Entalphy bahan masuk  $T_{\text{masuk}} 60^\circ\text{C}$  dan  $T_{\text{ref}} 25^\circ\text{C}$

<b>Komponen</b>	<b>Massa</b>	<b>T(°C)</b>	<b>CP</b>	<b>H</b>
<b>TGS</b>				
Tripalmitiat	0,1199	35	1365,9	5731,999
Tripalmitoleat	6,8216	35	1423,5	339869,2
Triheptadekanoic	8,2648	35	1583,7	458113,7
Triheptadekanoic	21,2138	35	1526,1	1133103
Tristearat	12,7642	35	1468,5	656048
Trioleat	0,0999	35	1410,9	4933,212
Trilinoleat	0,4345	35	1743,9	26520,36
Trilinolenat	0,1149	35	1513,5	6086,54
Triarachidat	0,0749	35	1503,6	3941,687
Triarachidonic	0,03	35	1446	1518,3

*Appendiks B- Neraca Panas*

<b>FFA</b>				<b>0</b>
palmitiat	0,0012	35	460,6	19,3452
<b>Komponen</b>	<b>Massa</b>	<b>T(°C)</b>	<b>CP</b>	<b>H</b>
palmitoleat	0,0664	35	441,4	1025,814
heptadekanoic	0,0804	35	487,3	1371,262
heptadekanoic	0,2064	35	468,1	3381,554
stearat	0,1242	35	514	2234,358
oleat	0,001	35	494,8	17,318
linoleat	0,0042	35	475,6	69,9132
linolenat	0,0011	35	475,6	18,3106
arachidat	0,0007	35	567,4	13,9013
arachidonic	0,0003	35	548,2	5,7561
Lain-lain	1,5998	35	0,362	20,26947
Air sisa	0,5333	35	1,0001	18,66737
Ca(OCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4,8086	35	132	22215,73
CH <sub>3</sub> OH	95,1661	35	149,4	497623,5
Air	0,8486	35	1,0001	29,70397
<b>TOTAL</b>				<b>3163932</b>

Entalphy bahan keluar

<b>Komponen</b>	<b>massa</b>	<b>T</b>	<b>Cp</b>	<b>H</b>
<b>Methyl Ester</b>	47,6509			
Palmitiat	0,1144	35	3219	12888,88
Palmitoleat	6,5091	35	2778	632879,8
heptadekanoic	7,8862	35	3390	935697,6
heptadekanoic	20,2421	35	3768	2669528
Stearate	12,1796	35	3585	1528235
Oleat	0,0953	35	3459	11537,49
Linoleat	0,4146	35	3333	48365,16
Linolenat	0,1096	35	3207	12302,05
Arachidat	0,0715	35	4008	10030,02
Arachidonic	0,0286	35	3630	3633,63
<b>TGA sisa</b>	2,4969	35		0
<b>Soap Stock</b>	0,5539	35		0
Palmitiat	0,0013	35	387	17,6085
Palmitoleat	0,0765	35	353,6	946,764
heptadekanoic	0,0914	35	373,8	1195,786
heptadekanoic	0,2349	35	530,4	4360,684
Stearate	0,1415	35	511,2	2531,718
Oleat	0,0011	35	492	18,942
Linoleat	0,0048	35	472,8	79,4304

*Appendiks B- Neraca Panas*

<b>Komponen</b>	<b>massa</b>	<b>T</b>	<b>Cp</b>	<b>H</b>
Linolenat	0,0013	35	583,8	26,5629
Arachidat	0,0008	35	564,6	15,8088
Arachidonic	0,0003	35	564,6	5,9283
Air	1,3819	35	1,0001	48,37134
Gliserol	5,0026	35	149,4	26158,6
Metoksidasisa	4,6304	35	3,223411	522,3988
Metanol sisa	90,0018	35	35,004	110264,8
lain-lain	1,5998	35	0,362	20,26947
<b>Total</b>				<b>6011312</b>

$$\begin{aligned}
 H1 &+ Q_{\text{supply}} = H2 + H_{\text{r total}} \\
 3163931,714 &+ Q_{\text{supply}} = 6011312 + 1543457 \\
 3163931,714 &+ Q_{\text{supply}} = 7554769 \\
 &Q_{\text{supply}} = 4390837
 \end{aligned}$$

Neraca Panas Transesterifikasi

<b>KOMPONEN</b>	<b>MASUK</b>	<b>KOMPONEN</b>	<b>KELUAR</b>
H1	3163932	H2	6011312
QSUPPLY	4390837	Hr total	1543457
<b>total</b>	<b>7554769</b>		<b>7554769</b>

## APPENDIKS C

### PERHITUNGAN ANALISA MINYAK NYAMPLUNG DAN BIODIESEL

1. Menghitung kadar air pada minyak nyamplung sebelum *degumming*

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat sampel sebelum oven} - \text{Berat sampel setelah oven}}{\text{Berat sampel sebelum oven}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{41,3 - 41,2}{41,3} \times 100\% = 0,242\%$$

2. Menghitung kadar air pada minyak nyamplung sesudah *degumming*

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat sampel sebelum oven} - \text{Berat sampel setelah oven}}{\text{Berat sampel sebelum oven}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{51,1 - 50,8}{50,8} \times 100\% = 0,587\%$$

3. Menghitung densitas minyak nyamplung sebelum *degumming*

$$\rho = \frac{\text{Berat Picnoisi} - \text{Berat Picnokosong}}{\text{Volume picno}}$$

$$\rho = \frac{16,4 \text{ gram} - 11,6 \text{ gram}}{5 \text{ cm}^3} = 0,96 \text{ gram/cm}^3$$

4. Menghitung densitas minyak nyamplung setelah *degumming*

$$\rho = \frac{\text{Berat Picnoisi} - \text{Berat Picnokosong}}{\text{Volume picno}}$$

$$\rho = \frac{16,2\text{gram} - 11,6\text{gram}}{5\text{cm}^3} = 0,92\text{gram/cm}^3$$

5. Menghitung viskositas minyak nyamplung sebelum *degumming*

Data viskositas dan densitas air dapat dilihat pada *Geankoplis Appendix A.2-4 Transport Processes And Unit Operations*:

$$T_{\text{air}} = 40^\circ\text{C} ; \rho_{\text{air}} = 0,99225 \text{ gram/cm}^3 ; \mu_{\text{air}} = 0,656 \text{ cp};$$

$$t_{\text{air}} = 4 \text{ s} ; t_{\text{minyak}} = 313 \text{ s}$$

$$\frac{\mu_{\text{air}}}{\mu_{\text{minyak}}} = \frac{\rho_{\text{air}} \times t_{\text{air}}}{\rho_{\text{minyak}} \times t_{\text{minyak}}}$$

$$\frac{0,656}{\mu_{\text{minyak}}} = \frac{0,99225 \times 4}{0,96 \times 313}$$

$$3,969\mu_{\text{minyak}} = 197,1149$$

$$\mu_{\text{minyak}} = 49,663\text{cp}$$

6. Menghitung viskositas minyak nyamplung sesudah *degumming*

Data viskositas dan densitas air dapat dilihat pada *Geankoplis Appendix A.2-4 Transport Processes And Unit Operations*:

$$T_{\text{air}} = 40^\circ\text{C} ; \rho_{\text{air}} = 0,99225 \text{ gram/cm}^3 ; \mu_{\text{air}} = 0,656 \text{ cp};$$

$$t_{\text{air}} = 4 \text{ s} ; t_{\text{minyak}} = 333 \text{ s}$$

$$\frac{\mu_{\text{air}}}{\mu_{\text{minyak}}} = \frac{\rho_{\text{air}} \times t_{\text{air}}}{\rho_{\text{minyak}} \times t_{\text{minyak}}}$$



$$\frac{0,656}{\mu_{\text{minyak}}} = \frac{0,99225 \times 4}{0,92 \times 333}$$

$$3,969 \mu_{\text{minyak}} = 200,9722$$

$$\mu_{\text{minyak}} = 50,635 \text{ cp}$$

7. Menghitung densitas biodiesel dengan katalis tempurung sootong 2% pada suhu 40°C

$$\rho = \frac{\text{Berat Picnoisi} - \text{Berat Picnokosong}}{\text{Volume picno}}$$

$$\rho = \frac{16,1 \text{ gram} - 11,8 \text{ gram}}{5 \text{ cm}^3} = 0,86 \text{ gram/cm}^3 = 860 \text{ Kg/m}^3$$

8. Menghitung viskositas kinematik biodiesel dengan katalis tempurung sotong 2% pada suhu 40°C

Data viskositas dan densitas air dapat dilihat pada *Geankoplis Appendix A.2-4 Transport Processes And Unit Operations*:

$T_{\text{air}} = 40^\circ\text{C}$  ;  $\mu_{\text{air}} = 0,656 \text{ mPa.s}$  ;  $\rho_{\text{air}} = 992,25 \text{ kg/m}^3$ ;  $t_{\text{air}} = 4 \text{ s}$ ;  
 $t_{\text{minyak}} = 21,6 \text{ s}$

Kemudian disubstitusi dalam rumus viskositas dinamik :

$$\eta = \rho \times 10^{-3} \times v$$

$$0,656 = 992,25 \times 10^{-3} \times v$$

$$v = 0,6611237 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Mencari nilai cc dengan mensubstitusikan nilai  $v$  pada rumus viskositas kinematik :

$$v = c \times t$$

$$0,6611237 = c \times 4$$

$$c = 0,165281 \text{ mm}^2/\text{s}^2$$

Menghitung nilai viskositas kinematik biodiesel :

$$v = c \times t$$

$$= 0,165281 \times 21,6 = 3,57 \text{ mm}^2/\text{s}^2$$

9. Menghitung angka asam biodiesel dengan katalis tempurung sotong 2%

$$\text{angka asam} = \frac{\text{ml KOH} \times \text{N KOH} \times \text{BM KOH}}{\text{gram minyak}}$$

$$\text{angka asam} = \frac{0,25 \times 0,1 \times 56}{2,15} = 0,65 \text{mgKOH/g}$$

10. Menghitung *yield* transesterifikasi biodiesel yang dihasilkan pada penambahan katalis tempurung sotong 2%

$$\text{Yield} = \frac{12,6 \text{ gram}}{26,4 \text{ gram}} \times 100\% = 47,73\%$$

## RIWAYAT PENULIS



Rizqa Fauziyah, penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 17 September 1994 yang merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Nusa Indah pada tahun 2000, lulus dari SD Negeri Rungkut Kidul I/267 pada tahun 2006, lulus dari SMP Negeri 17 Surabaya pada tahun 2009 dan lulus dari SMA Negeri 14 Surabaya pada tahun 2012. Setelah

lulus SMA, penulis diterima di Program Studi Diploma III Teknik Kimia FTI-ITS dengan Nomor Registrasi 2312 030 097. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Bidang Akademik dan Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia FTI-ITS (2013-2014), Staff Departemen Dalam Negeri BEM FTI-ITS (2013-2014) dan Sekretaris Bidang Akademik dan Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia FTI-ITS (2014-2015), serta beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PG. Ngadirejo, Kediri.

Email : rizqa.fauziyah@yahoo.co.id

## RIWAYAT PENULIS



Latifah Fahrus Sany, penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 10 Agustus 1993 yang merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Aisyah pada tahun 2000, lulus dari SDN Babatan I/456 pada tahun 2006, lulus dari SMP Negeri 1 Surabaya pada tahun 2009 dan lulus dari SMA Negeri 14 Surabaya pada tahun 2012. Setelah lulus SMA penulis diterima di Program Studi Diploma III Teknik Kimia FTI-ITS dengan Nomor Registrasi 2312 030 015. Selama kuliah penulis berorganisasi sebagai Staff Bidang Akademik dan Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia FTI – ITS (2013-2014), sebagai staff Departemen Ukhuwah Islamiyah LDJ Fuki Al-Ikrom DIII Teknik Kimia FTI-ITS dan mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PG. Ngadirejo, Kediri.

Email: ifafalatif@gmail.com